POWER TRAIN DAN HYDRAULIC ALAT BERAT

SEMESTER 4

Kelas

XI

DAFTAR ISI

BAB 1

Memahami Sistem Kemudi (Steering) Yang Terpasang Pada Machine Jenis Roda

A. Deskripsi

Dalam Bab Satu ini akan membahas tentang *Memahami Sistem Kemudi (Steering) yang terpasang pada machine jenis roda*. Dimana *Memahami Sistem Kemudi (Steering) yang terpasang pada machine jenis roda* sangat penting sekali karena tanpa kemudi unit akan tanpa arah.

Di dalam bab ini kita akan membahas beberapa topic, yaitu:

A. Pengertian *Steering System*
B. Macam – macam *Steering System*

B. Tujuan pembelajaran

Tujuan dalam bab ini siswa dapat memahami dan mengidentifikasi *Sistem Kemudi (Steering)*, akan dijabarkan secara mendetail, yaitu:

A. Siswa dapat memahami Pengertian *Steering System*
B. Siswa dapat memahami dan mengidentifikasi macam – macam *Steering System*

C. Uraian Materi

D. Pendahuluan

Seperti yang kita ketahui tentang *Steering* dalam bahasa Indonesia adalah kemudi. Maka dari itu fungsi dari *Steering* adalah komponen dari power train yang berfungsi membelokan arah kanan kiri.

E. Pengamatan

1. Amati apa yang pernah kamu pernah melihat system kemudi?

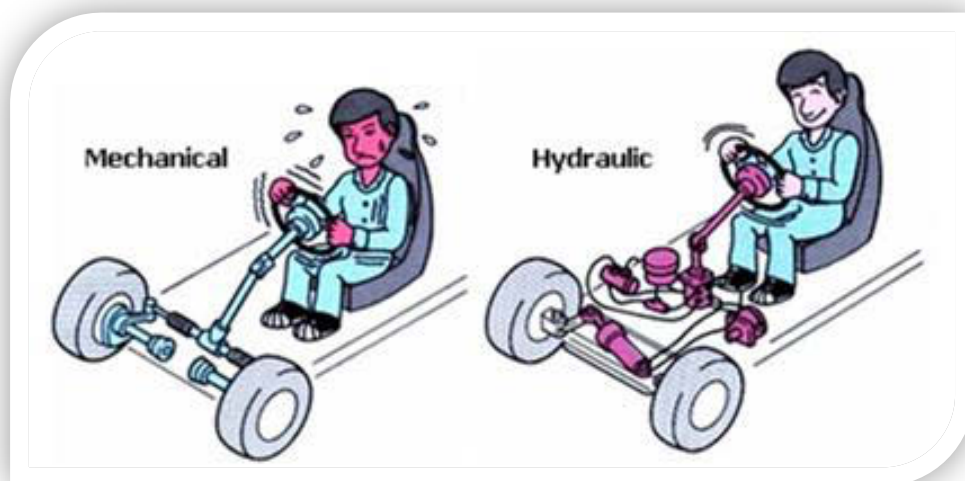
2. Dimanakah itu atau di kendaraan apa?
3. Apakah perbedaaan dari masing – masing kemudi tersebut?
4. Apakah perbedaan dengan kemudi pada alat berat?

F. Diskusi

Apakah yang menemukan Berdasarkan pengamatan kalian *Steering* yang menggunakan system hidrolik?

G. Macam – macam Steering

Macam – macam *Steering* berdasarkan tenaga penggeraknya

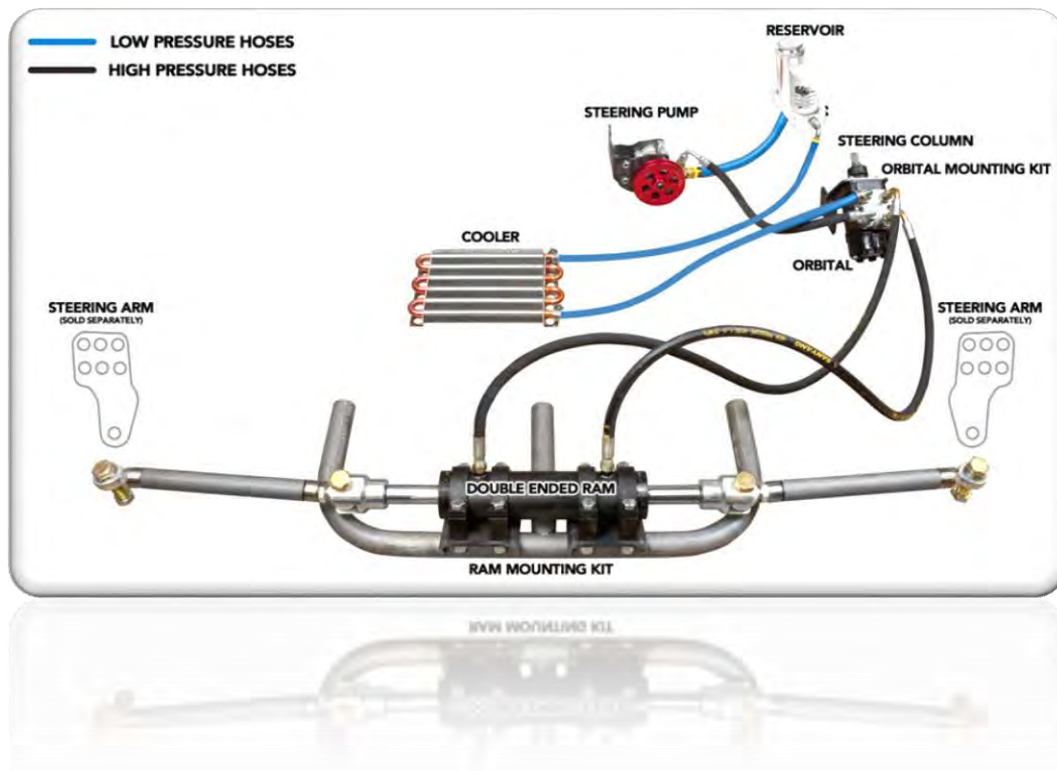
1. **Mechanical**
2. **Hydraulic/Pneumatic**

Gambar 1.1

Mechanical

Memutar steering wheel yang dioperasikan secara

mechanical cukup berat, terutama pada saat unit berhenti atau berjalan lambat. Hal ini diakibatkan karena adanya gaya gesek yang cukup tinggi antara roda dengan permukaan jalan. Lebih detailnya akan di bahas di pokok bahasan Steering pada Power Train.

Gambar 1.2

Hydraulic

Gambar 1.3

Akan lebih ringan memutar steering wheel pada sistem pengoperasian secara hydraulic atau pneumatic. Untuk system hydraulic akan dibahas lebih detail dipelajaran Hydraulic ini. Keuntungan dari memakai Steering ini memiliki tenaga yang besar di bandingkan dengan Steering lainnya, lebih murah dari pada memakai mechanical drive train. Bila terjadi kebocoran mudah terdeteksi.

Macam – macam *Steering* berdasarkan final drivenya (penggerak akhir)

1. **Track**
2. **Wheel**

Track

Gambar 1.4

Untuk steering pada track bisasanya menggunakan dua tuas 1 tuas untuk mengatur roda kanan dan 1 tuas untuk mengatur roda kiri. Bila suatu unit track akan berbelok ke kanan track yang sebelah kiri di putar lebih cepat dr pada track sebelah kanan. Bahkan pada unit khusus bila akan berbelok ke kanan track sebelah kanan di ram dan track sebelah kanan dijalankan.

Untuk lebih detailnya akan dibahas dipelajaran Power Train untuk pelajaran Hydraulic akan membahas unit dengan final drive wheel.

Wheel

Gambar 1.5

Alat bergerak, yang digunakan untuk mengangkut atau memindahkan tanah dan menangani material, yang dibuat oleh Caterpillar, menggunakan roda ataupun track untuk bergerak. Kendaraan-kendaraan dapat digolongkan berdasarkan sistem yang digunakan untuk bergerak. Kendaraan-kendaraan yang beroda digerakkan baik melalui axle belakang, yang menggunakan sebuah rangkaian axle belakang konvensional, melalui sebuah axle depan dan belakang untuk semua sistem penggerak roda, atau melalui empat buah roda melalui rangkaian motor hydraulic (hidrostatis).

Kendaraan-kendaraan beroda menggunakan berbagai cara untuk mencapai kemampuan untuk disteeringkan. Kendaraan-kendaraan beroda disteeringkan dengan menggunakan conventional front wheel steer arrangements (susunan wheel steer depan konvensional), dengan susunan *wheel steering* depan dan belakang (front and rear wheel steer arrangement), dengan artikulasi/gandengan, dengan kombinasi steering roda depan dan artikulasi/gandengan, atau dengan *skid steer*.

Dua sistem penggerak yang berbeda digunakan untuk kendaraan dengan rantai (track). Di dalam satu jenis, kendaraan digerakkan dari belakang melalui sebuah sistem *bevel gear* untuk mengubah arah dorongan dan sebuah final drive ke sebuah susunan *sprocket*, yang pada gilirannya menggerakkan masing-masing track. Metode lain yang digunakan adalah dengan menggunakan motor hydraulic melalui susunan drive akhir ke *sprocket*.

Steering roda depan konvensional (Conventional front wheel steering)
Sistem wheel steer depan yang digunakan pada alat bergerak mirip dengan sistem yang digunakan pada kendaraan-kendaraan jenis jalan raya dimana roda-roda ber-pivot pada stub axle yang diikatkan pada chassis dengan beberapa susunan yang memungkinkan roda untuk melakukan pivot.

Contoh golongan mesin yang menggunakan susunan ini adalah:

- Rigid frame trucks
- Excavator Beroda
- Backhoes loaders

Steering roda depan dan belakang
Beberapa kendaraan beroda dirancang dengan daya manuver tingkat tinggi, dan kadang-kadang bahkan dengan kemampuan bergerak menyamping secara diagonal. (kemampuan untuk berjalan dengan axle depan dan belakang pada sebuah track yang berbeda). Kendaraan-kendaraan ini dilengkapi dengan axle

depan dan belakang dimana roda-roda ber-pivot untuk mencapai tingkat steering yang dikehendaki.

Contoh-contoh kendaraan ini adalah:

- Backhoe Loaders
- Telescopic Handlers.

Steering dengan artikulasi/gandengan

Artikulasi di sini berarti kendaraan yang memiliki rangka atau chassis depan dan belakang. Rangka depan biasanya dilengkapi dengan sebuah axle depan tetap yang diikatkan padanya dan rear frame (rangka belakang) terdiri dari axle belakang.

Kedua rangka tersebut dihubungkan dengan menggunakan sebuah pin dan bearing (atas dan dasar), yang memungkinkan kendaraan tersebut berartikulasi. Gaya pada steering disuplai oleh cylinder hydraulic, biasanya satu cylinder dipasang pada masing-masing sisi rangka dengan satu ujung masing-masing cylinder diikatkan pada rangka depan dan rangka belakang.

Contoh kendaraan-kendaraan yang disteeringkan dengan artikulasi:

- Wheel Loader
- Integrated Tool Carriers
- Wheel Dozer dan Soil Compactor
- Wheel Tractor Scraper
- Articulated Truck
- Forest Products

Steering roda depan konvensional dan artikulasi

Kelompok motor grader (120H sampai 24H) adalah unik karena mesin-mesin ini dirancang dengan dua steering system independen (independent steering

system). Steering wheel mengoperasikan steering wheel depan konvensional dan sebuah tuas (lever) disediakan untuk mengartikulasi mesin tersebut.

Grader berbentuk panjang dan kombinasi steering roda depan dan artikulasi memberikan mesin ini daya manuver yang baik dan kemampuan untuk bergerak ke samping. Grader juga dilengkapi dengan sebuah sistem roda depan yang miring (leaning front wheel system) yang diaktuasi secara hydraulic untuk memberikan kestabilan yang lebih baik pada axle depan ketika berjalan di permukaan tanah yang miring.

Steering system skid steer

Istilah skid steer digunakan untuk menjelaskan kelompok/golongan kendaraan-kendaraan kecil, yang digerakkan secara hydraulic (hidrostatis) dan digunakan untuk memuat material (loading) di ruang-ruang yang sangat terbatas.

Keempat roda pada kendaraan-kendaraan ini digerakkan dan keempat roda tersebut bergerak dengan memutar secara berlawanan pasangan roda pada satu sisi kendaraan, sedangkan pasangan roda yang lain bergerak dalam arah yang berlawanan.

Contoh mesin-mesin yang menggunakan skid steer adalah:

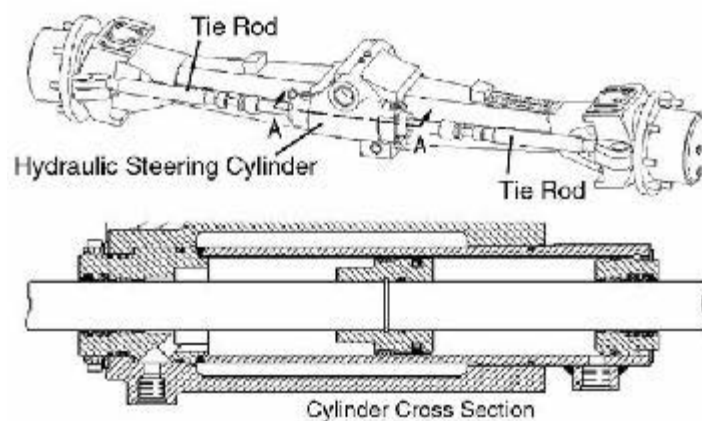
- Skid steer loader

Kendaraan jenis steering track

Kendaraan-kendaraan jenis track digerakkan dengan melepas penggerak (drive) ke satu track dan mengaktifkan brake pada sisi tersebut, sementara track pada sisi lain kendaraan tersebut digerakkan. Jelas bahwa karena hukum fisika, bila proses ini terjadi, kendaraan akan berbelok ke arah track dimana brake dipasang.

Pada traktor konvensional, metode untuk mencapai efek pembelokan ini adalah dengan menggunakan steering clutch dan brake. Steering clutch melepas drive

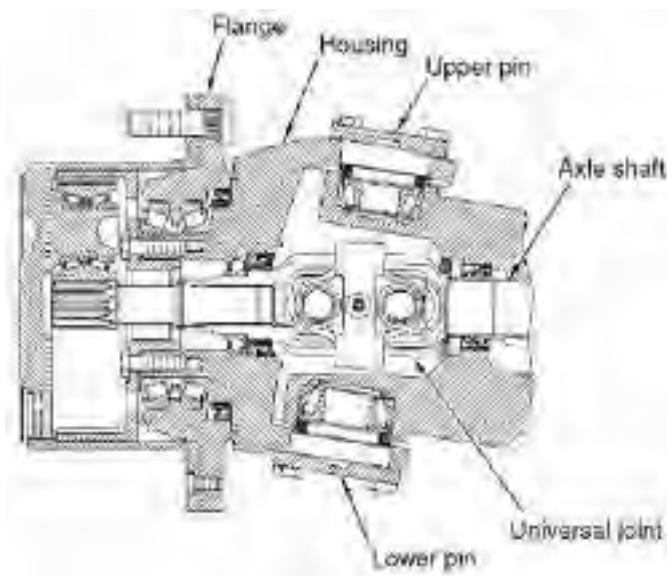
dan brake berhenti berputar. Meskipun terdapat sejumlah variasi pada sistem ini, proses umum steering semua kendaraan jenis track adalah sama.

AXLE DEPAN PADA BACKHOE LOADER

Gambar 1.6

Komponen-komponen di dalam Gambar 1.6 adalah:

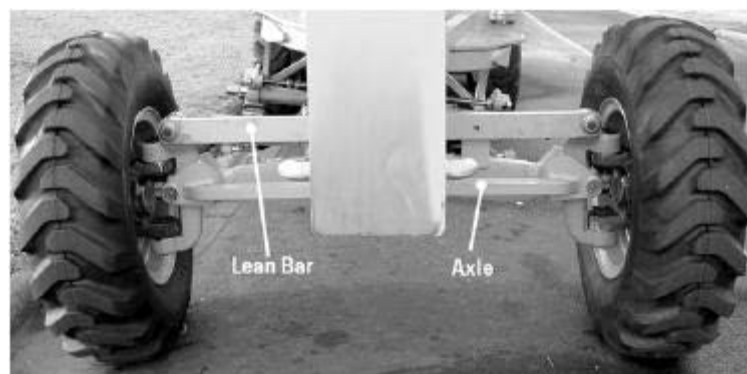
- Cylinder steering hydraulic
- Tie rods.

Backhoe Loader memiliki sebuah steering system yang sepenuhnya bersifat hydraulic. Axle depan yang digunakan adalah jenis konvensional dan gaya steering (steering force) diberikan oleh sebuah cylinder tunggal yang dipasang di tengah-tengah.

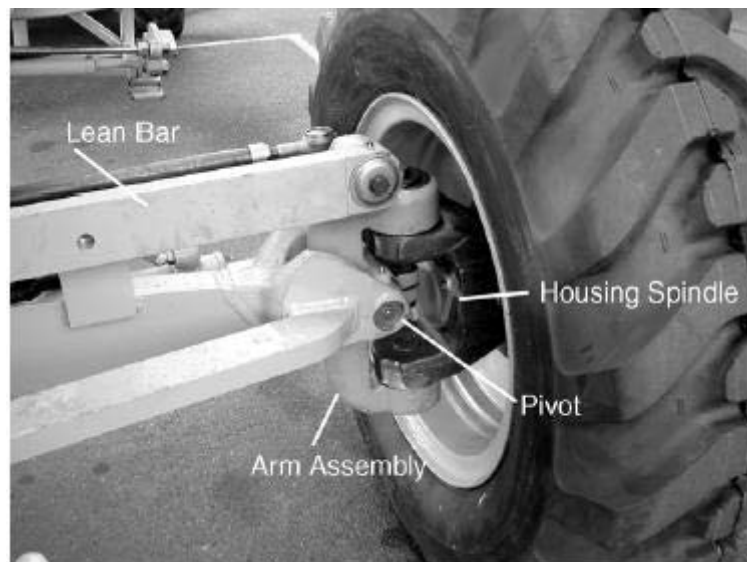
Dua buah tie rod mengirim gerakan steering ke housing, yang ditopang pada dua roller bearing tirus dan pin untuk memungkinkan rotasi.

Gambar 1.7 – Bagian Ujung Axle

Axle depan pada backhoe loader juga digerakkan. Komponen-komponen di dalam gambar 1.7 adalah:

- Flange
- Housing
- Upper pin
- Batang (Rod) Axle
- Universal joint
- Lower pin

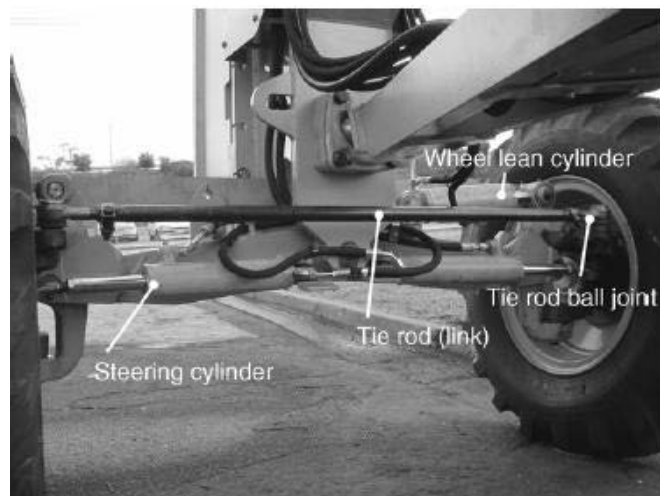
AXLE DEPAN PADA MOTOR GRADER

Gambar 1.8

Gambar 1.8 memperlihatkan tampak depan sebuah axle depan untuk motor grader. Komponen-komponen yang tampak adalah:

- Wheel lean bar
- Rangkaian axle

Gambar 1.9

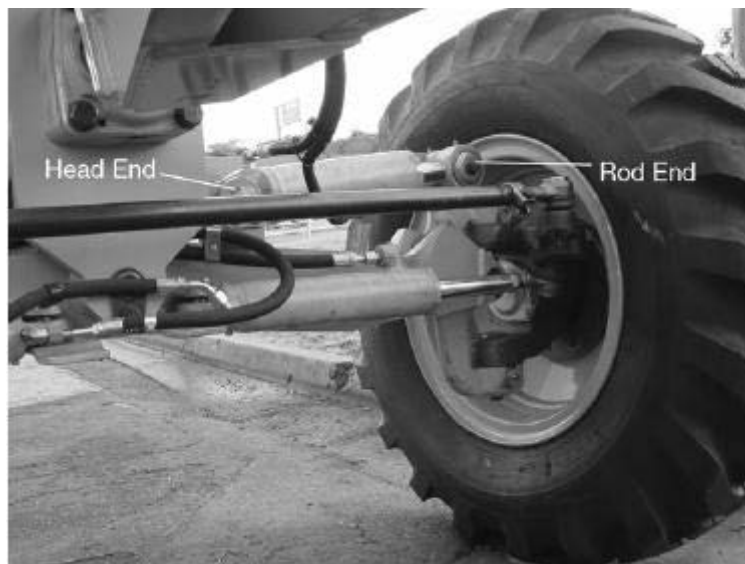
Komponen-komponen yang tampak di dalam Gambar 1.9 adalah:

- RangkaianArm
- Pivot bearing
- Housing spindle
- Lean Bar

Rangkaian arm bersama dengan lean bar memungkinkan berfungsinya lean wheel. Rangkaian arm tersebut terdiri dari pin dan bearing pada bagian atas dan dasarnya. Pin dan bearing ini melaksanakan fungsi king pin.

Gambar 1.10

Komponen-komponen di dalam Gambar 1.10 adalah:

- Cylinder steering
- Wheel lean cylinder
- Tie rod (link)
- Tie rod ball joints

Satu ujung masing-masing cylinder steering dihubungkan ke rangkaianaxle melalui sebuah bearing dan ujung-ujung lainnya dihubungkan ke housing spindle. Cylinder memutar roda depan. Tie rod juga dihubungkan ke housing spindle dan ini memastikan gerakan setiap roda adalah sama.

Gambar 1.11

Satu ujung lean wheel cylinder (ujung bagian kepala) dihubungkan ke rangkaianaxle dan ujung lainnya (ujung rod) dihubungkan ke rangkaianarm seperti diperlihatkan pada Gambar 1.11.

Pada saat cylinder memanjang, roda-roda dimiringkan karena rangkaianarm bebas untuk berputar.

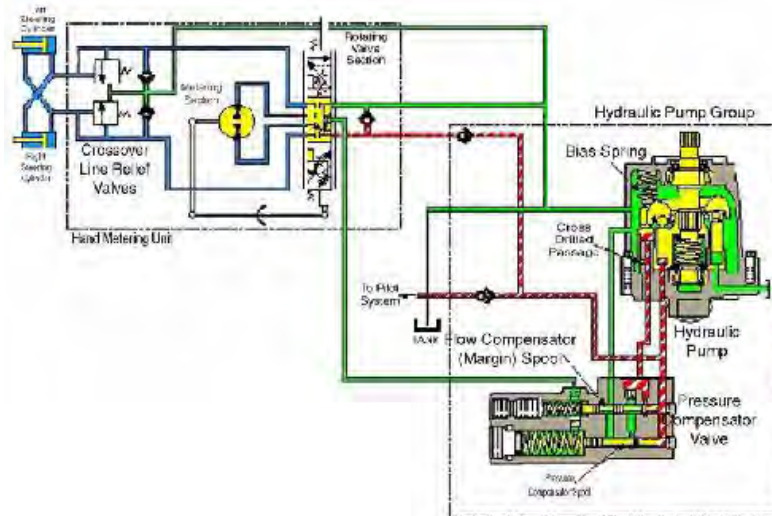
Steering system wheel loader

Gambar 1.12

PENDAHULUAN

Bab ini mendiskusikan tentang istilah-istilah, fungsi-fungsi dan sistem-sistem komponen pada pengoperasian steering system Kompensasi Tekanan Pendeteksi Beban (Load Sensing Pressure compensating (LSPC) System) yang digunakan pada Wheel Loader 982G.

Steering system pada Wheel Loader 982G adalah steering system yang diartikulasi (articulated steering system) jenis hidrostatis (hydraulic penuh). Informasi dalam bagian ini dapat dianggap sebagai informasi umum dan dapat diberlakukan pada sistem hydraulic LSPC yang lain.

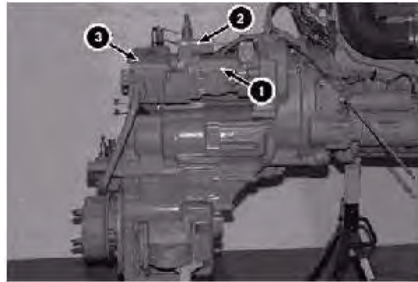
KOMPONEN

Gambar 1.13 – Steering system Pendeteksi Beban (Load Sensing Steering System)

Komponen-komponen utama Load Sensing Steering System adalah tank, variable displacement hydraulic pump group yang terdiri dari pressure compensating valve, hand metering unit (HMU) dan dua buah cylinder steering (steering cylinder) (Gambar 1.13).

Tangki Hydraulic

Gambar 1.14

Mesin-mesin ini memiliki tiga sistem hydraulic: steering, brake/fan drive dan implement. Semua sistem ini menggunakan tangki hydraulic yang sama. Seperti diperlihatkan di dalam Gambar 1.14, tangki hydraulic (3), hydraulic oil fill cap (2), breather (1) untuk tangki hydraulic dan radiator fill cap (4) terdapat di bawah access cover (tutup akses) pada hood (di belakang kabin).

Steering Pump & Pressure Compensator Valve

Gambar 1.15 – Letak Komponen

Gambar 1.15 memperlihatkan bahwa variable displacement steering pump (1) terdapat di sebelah kiri mesin di bawah kabin. Variable displacement steering pump sama dengan variable displacement pump pada mesin Caterpillar lain. Komponen-komponen lain yang juga diperlihatkan adalah compensator valve (2) dan hydraulic implement pump (3).

Cylinder Steering (Steering Cylinder)

Gambar 1.16

Gambar 1.16 memperlihatkan susunan hitch atas dan bawah dan cylinder steering. Hitch bearing memungkinkan dua rangka untuk berputar pada poros (Axis) (pivot) dan double acting steering cylinder mengubah tekanan hydraulic untuk memberikan gaya yang diperlukan untuk mengartikulasi mesin. Cylinder steering terletak pada masing-masing sisi mesin.

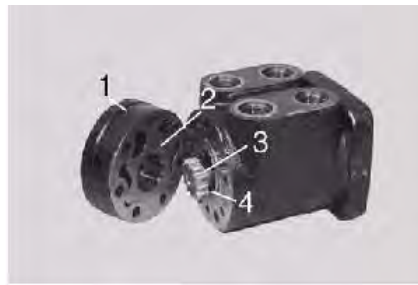
Hand Metering Unit

Gambar 1.17 – Letak Hand Metering Unit

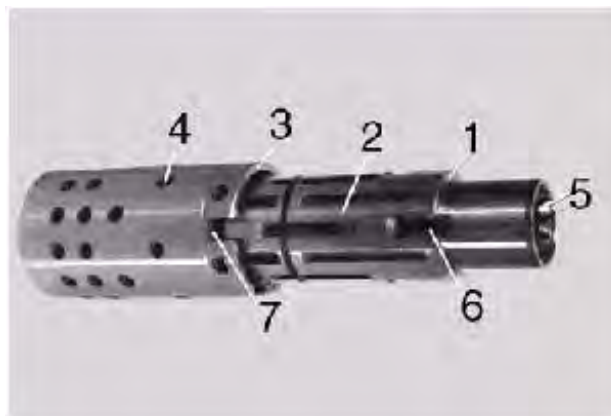
Gambar 1.17 memperlihatkan bahwa Hand Metering Unit (HMU) terletak pada dasar steering column dan dapat diakses dari bawah tempat operator. HMU tersebut terdiri dari sebuah metering & rotating valve yang mengendalikan gerakan cylinder steering. Komponen lain yang diperlihatkan adalah brake valve (2).

Gambar 1.18 – Bagian Rotating Valve

HMU dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian terbesar (1) adalah bagian rotating valve dan bagian terkecil (2) adalah metering pump. Bagian rotating valve memblokir oli pompa ketika HMU berada dalam posisi netral dan mengarahkan oli ke bagian metering dan cylinder steering pada saat HMU diputar ke kiri atau ke kanan.

Ujung kanan (3) HMU dibautkan pada batang (Rod) kolom steering (steering column shaft). HMU dioperasikan dengan memutar steering wheel. Keempat hydraulic connection port adalah pilot oil untuk belokan ke kiri (4), pilot oil belokan ke kanan (5), suplai oli dari pompa hidrauik (6), dan pengembalian ke tangki (7). Crossover relief valve juga terdapat dalam Hand metering unit.

Gambar 1.19 – Metering Pump

Bagian metering pump (Gambar 1.19) terdiri dari stator (1) dan rotor (2). Drive shaft (3) masuk ke dalam rotor. Ujung shaft yang satunya dihubungkan ke sebuah pin yang ditahan oleh outer spool (4) di dalam bagian rotating valve.

RotatingValve Control

Gambar 1.20 – Rotating Valve Control Section

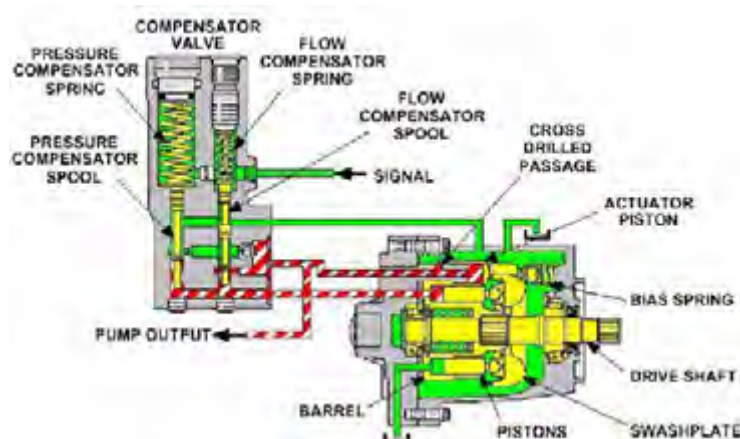
Bagian Pengendali Valve Berputar (Rotating Valve Control Section) (Gambar 1.20) terdiri dari inner spool (1) dengan spool passages (2) dan outer spool (3) dengan orifice (4). Inner spool (5) dimasukkan ke dalam batang (Rod) steering wheel. Spool luar dihubungkan melalui sebuah pin ke metering pump section.

Ketika spool dalam dimasukkan sepenuhnya ke dalam spool luar, centring spring jenis daun (6) dimasukkan ke dalam sleeve slot (7). Ketika steering wheel dalam keadaan diam, bagian pengendali berada dalam posisi netral. Tidak ada kesejajaran diantara lubang-lubang saluran (passages) di dalam spool bagian dalam dan orifice di dalam spool luar. Spool tersebut berfungsi sebagai valve terpusat yang tertutup.

Ketika steering wheel diputar ke kanan atau ke kiri, lubang-lubang saluran tertentu di dalam spool bagian dalam sejajar dengan orifice di dalam spool bagian luar sehingga memungkinkan oli pompa mengalir. Bila steering wheel dilepas, leaf spring memutar spool luar kembali ke posisi netral.

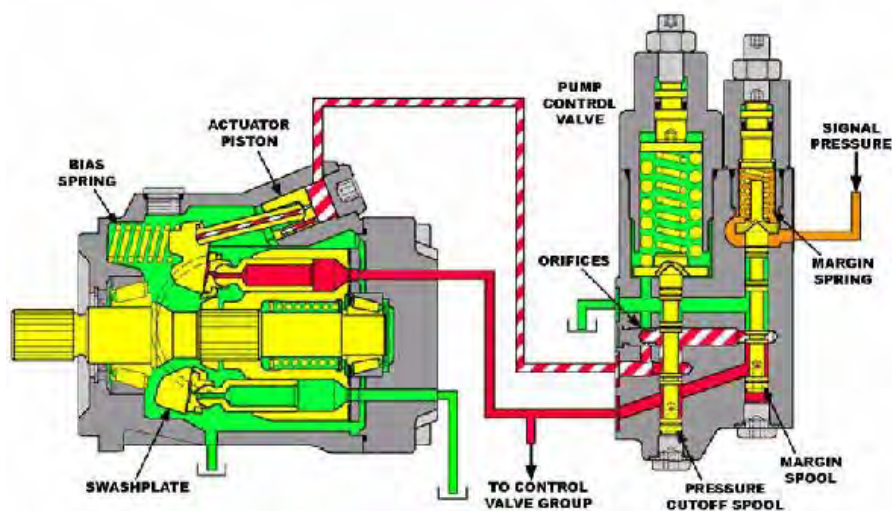
Gambar 1.21 –Valve Housing Berputar

Di dalam valve housing berputar pada HMU (Gambar 1.21) ada beberapa lubang saluran (1), yang mengambil oli ke dan dari metering pump section. Ada juga sejumlah lubang saluran jenis groove (2) di dalam housing dimana oli dikirim ke dan dari rangkaianvalve yang berputar (rotating valve assembly). Masing-masing groove dihubungkan ke salah satu port yang masuk ke dalam bagian samping housing.

OPERASI STEERING PUMP dan COMPENSATOR VALVE

Gambar 1.22 – Pump dan Compensator

Fungsi compensator valve adalah untuk mengendalikan output pompa (pump) dengan mengendalikan gerakan actuator piston (Gambar 1.22). Actuator piston bekerja terhadap swashplate bias spring untuk secara terus menerus menyetel sudut swashplate. Jumlah oli yang dikirim selama masing-masing putaran pompa ditentukan oleh sudut swashplate. Sudut swashplate dapat berubah-ubah tanpa batas antara maksimum (sesuai dengan aliran maksimum) dan nol (tidak ada aliran). Pengoperasian pompa ini dijelaskan secara lebih rinci di dalam bagian-bagian tentang kondisi tahan (hold), perlahan (gradual) dan belok kanan / right turn penuh.

CATATAN:

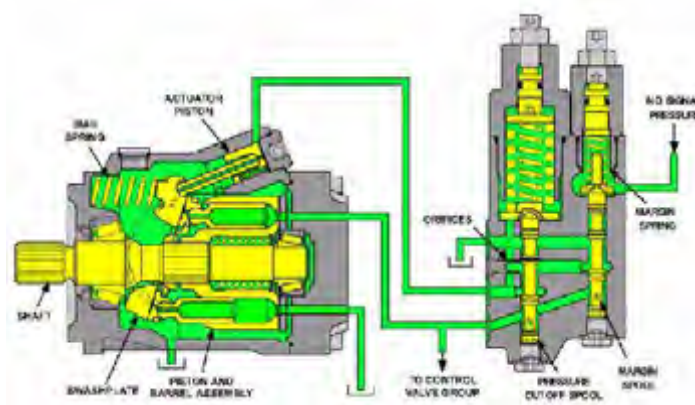
Wheel loader implement pump digunakan untuk menerangkan pengoperasian karena pompa tersebut sama dengan pompa yang digunakan di dalam steering system.

Gambar 1.23 – Menjaga Aliran

Steering and pilot pump control valve terdiri dari dua spool (Gambar 1.23). Margin spool mengatur aliran output pompa untuk menjaga tekanan suplai pompa pada nilai tetap di atas tekanan sinyal. Tekanan sinyal adalah tekanan work port tertinggi (mendeteksi beban). Perbedaan antara tekanan suplai dan tekanan sinyal disebut tekanan margin. Pressure cutoff spool membatasi pressure system maksimum.

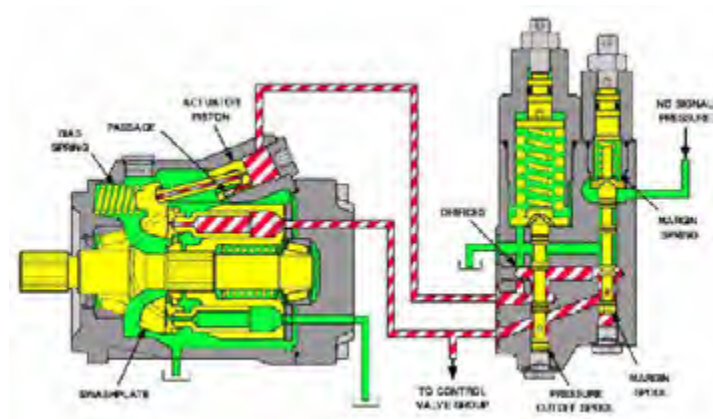
Pump tersebut dirancang untuk menjaga aliran. Setiap kali gaya diatas dan dibawah margin spool tidak seimbang karena adanya perubahan dalam kebutuhan aliran, pompa akan melakukan upstroke atau destroke untuk memenuhi kebutuhan aliran.

Pump control valve dilengkapi dengan sebuah stability orifice di dalam lubang saluran menuju ke actuator piston. Orifice ini digunakan untuk mengatur tingkat respons actuator piston dengan membuat sebuah jalur bocor tetap ke arah lubang pembuangan.

Spesifikasi untuk low pressure standby jauh lebih tinggi untuk steering pump bila dibandingkan dengan implement pump. Ini disebabkan karena steering pump yang perlu memberikan tekanan yang lebih tinggi untuk sistem pilot.

Pengoperasian Implement Pump

Gambar 1.24 – Engine Off

Bila engine dalam posisi off, tidak ada tekanan sinyal yang dikirim ke pump control valve. Margin spring mendorong margin spool ke bawah (Gambar 1.24).

Setiap tekanan di belakang actuator piston bergerak ke arah case drain di seberang margin spool. Dengan tidak adanya tekanan di belakang actuator piston, bias spring di dalam pump menahan swashplate pada sudut maksimum.

Gambar 1.25 – Low Pressure Standby

Ketika engine dihidupkan, pump drive shaft mulai berputar. Oli tangki ditarik ke dalam lubang piston dari pump inlet. Pada saat rangkaianpiston dan barrel berputar, oli dari pump outlet masuk ke dalam sistem hydraulic (Gambar 1.25).

Pressure system hydraulic mulai naik karena aliran diblokir pada implement control valve group. Tekanan yang meningkat ini dirasakan dibawah margin spool. Margin spool bergerak ke atas terhadap margin spring dan membiarkan sebagian oli output sistem mengisi ruang (chamber) di belakang actuator piston.

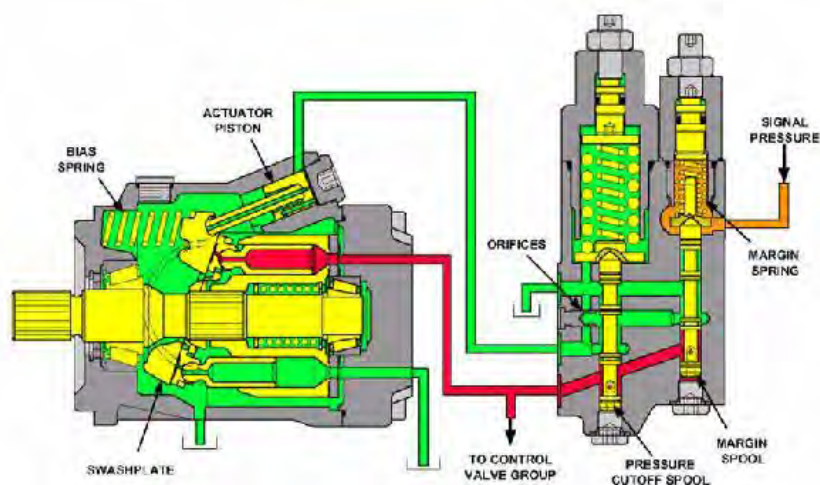
Tekanan di belakang actuator piston meningkat, melampaui gaya pada bias spring, dan menggerakkan swashplate ke sudut minimum. Bila lubang-lubang saluran di dalam saluran actuator membuka ke arah pump case, pergerakan actuator piston akan berhenti.

Pada sudut minimum ini, pump menghasilkan cukup aliran untuk mengganti kebocoran sistem dan tekanan yang cukup untuk memberikan respon yang cepat bila sebuah control lever (tuas pengendali) diaktifkan. Dengan tidak adanya kebutuhan aliran dari sebuah sirkuit, tidak ada tekanan sinyal yang dibangkitkan.

Tekanan output pompa (pump) hanya harus mengatasi nilai margin spring. Kondisi ini disebut “LOW PRESSURE STANDBY”. Di dalam sistem ini, LOW PRESSURE STANDBY lebih tinggi bila dibandingkan dengan tekanan margin. Karakteristik ini disebabkan oleh tekanan balik yang lebih tinggi yang ditimbulkan oleh oli yang diblokir di dalam sistem hydraulic. Selama LOW PRESSURE STANDBY, oli keluaran pump

mendorong margin spool lebih jauh ke kanan dan menekan margin spring. Lebih banyak oli suplai bergerak ke actuator piston dan sedikit men-destroke pompa.

CATATAN:

Tergantung dari penyetelan / adjustment yang dilakukan pada margin spool dan besarnya kebocoran pompa, low pressure standby dan tekanan margin dapat sama. Tekanan margin tidak pernah lebih tinggi dari low pressure standby. Spesifikasi untuk low pressure standby dan tekanan margin hampir sama pada 924G/924GZ.

Gambar 1.26 – Upstroke

Kondisi berikut ini dapat terjadi di dalam melakukan UPSTROKE pada pompa:

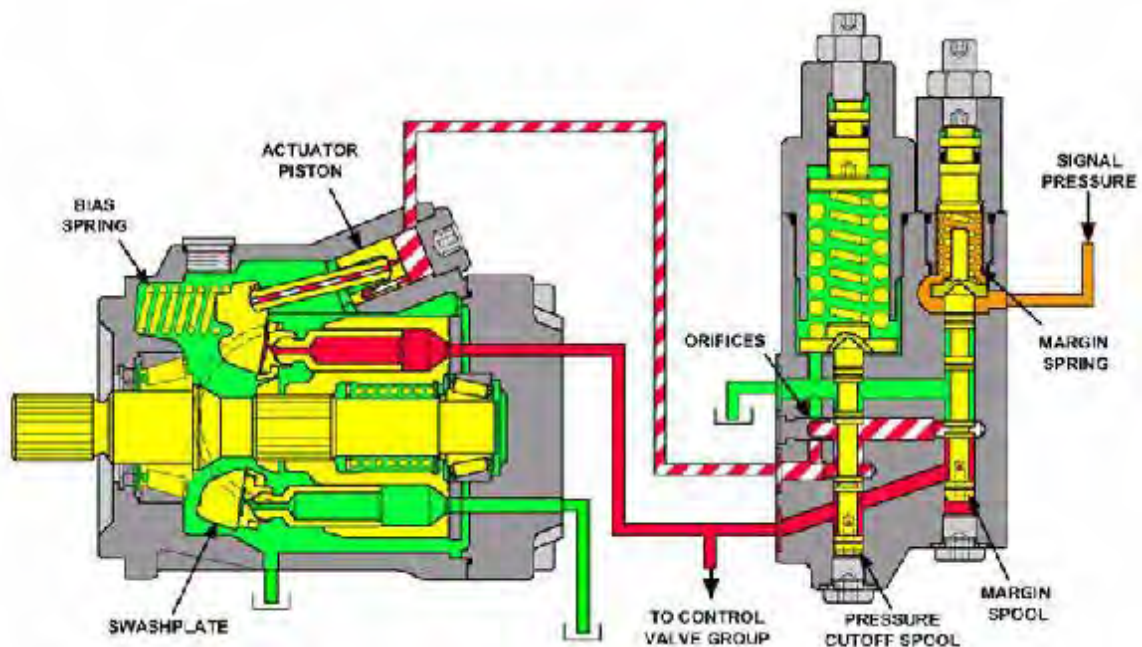
- Sebuah sirkuit diaktifkan pada saat sistem dalam posisi LOW PRESSURE STANDBY
- Sebuah sirkuit tambahan diaktifkan
- Sebuah tuas pengendalian (control lever) digerakkan untuk aliran tambahan
- Kecepatan putar engine (rpm) berkurang.

Pada saat sebuah sirkuit diaktifkan dari LOW PRESSURE STANDBY, tekanan sinyal ditambah dengan gaya margin spring diatas margin spool menjadi lebih besar dari tekanan keluaran pompa di bawah spool.

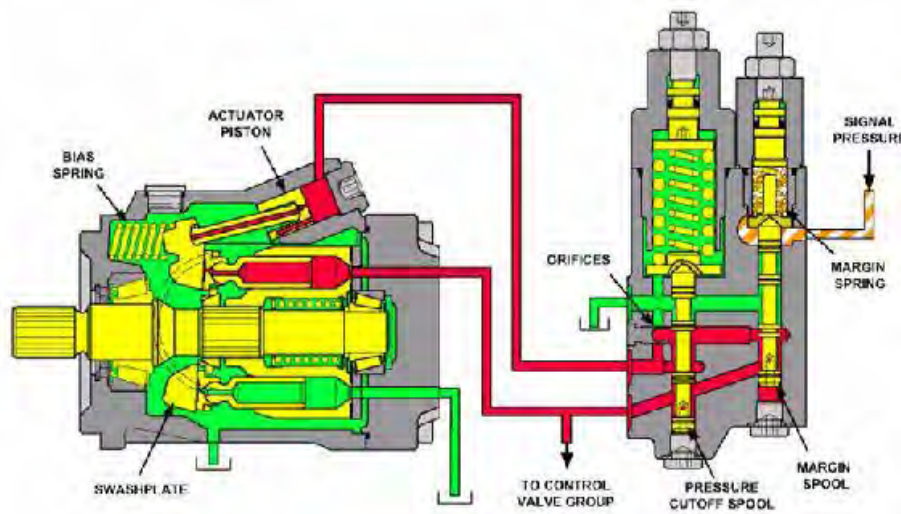
Gaya yang lebih besar (margin spring ditambah dengan tekanan sinyal) menggerakkan spool ke bawah, memblokir aliran oli (Oil Flow) menuju actuator piston. Oli di belakang actuator piston dilepas ke arah case drain di seberang margin spool (Gambar 1.26).

Tekanan di belakang actuator piston dikurangi atau dihilangkan, yang memungkinkan bias spring menggerakkan swashplate ke suatu sudut yang lebih besar. Pada tahap ini, pump akan menghasilkan lebih banyak aliran. Kondisi ini disebut “UPSTROKING”.

Sinyal tersebut tidak harus meningkat agar pompa melakukan upstroke. Peningkatan permintaan aliran menyebabkan pompa melalukan upstroke. Jika tekanan output pompa di bawah spool menjadi kurang dari tekanan sinyal dan gaya margin spring melebihi spool karena pengaktifan sebuah sirkuit lain atau berkurangnya kecepatan putar engine, pump juga akan melakukan

UPSTROKE

Gambar 1.27 – Aliran konstan

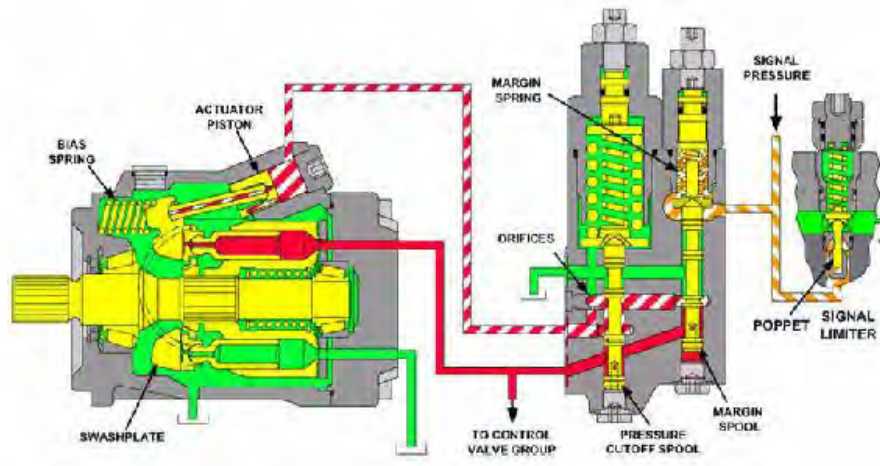
Saat aliran output pompa meningkat (kondisi upstroke) atau berkurang (kondisi destroke) untuk memenuhi kebutuhan sistem, gaya-gaya yang bekerja di atas dan di bawah margin spool akan sama, dan margin spool akan bergerak ke posisi pengukuran (metering position). Sistem menjadi stabil. Swashplate ditahan pada sudut yang relatif konstan untuk mempertahankan aliran yang dibutuhkan (Gambar 1.27).

Perbedaan antara tekanan sinyal dan tekanan suplai pompa disebut “tekanan margin”. Tekanan margin adalah nilai margin spring. Tekanan margin dan tekanan standby disetel dengan memutar screw penyetel margin spool.

Gambar 1.28 – Destroke

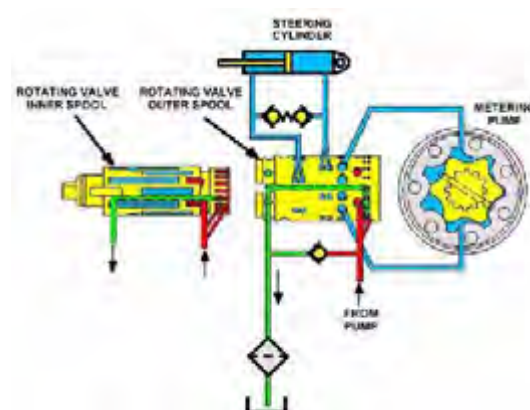
Kondisi berikut ini dapat menyebabkan pompa melakukan destroke:

- Semua control lever digerakkan ke posisi HOLD dan pump kembali ke low pressure standby (low pressure standby).
- Sebuah control lever digerakkan untuk mengurangi aliran
- Sirkuit tambahan dinonaktifkan
- Kecepatan putar (rpm) meningkat.

Bila aliran yang dibutuhkan lebih kecil, pompa akan melakukan destroke (Gambar 1.28). Pompa akan melakukan destroke bila gaya di bawah margin spool menjadi lebih besar dibandingkan dengan gaya di atas margin spool. Margin spool bergerak ke atas dan memberikan tekanan output yang lebih besar di belakang actuator piston.

Tekanan di belakang actuator piston pada tahap ini meningkat. Tekanan yang lebih besar ini melebihi tekanan bias spring dan menggerakkan swashplate ke suatu sudut yang lebih kecil. Bila tekanan output pompa baru menyamai gaya di bawah margin spool, spool tersebut akan kembali ke posisi metering. Pompa kembali menjaga aliran yang konstan. Tekanan sinyal tidak harus berkurang bagi pompa untuk melakukan destroke.

Gambar 1.29 – Pressure system Maksimum

PENGOPERASIAN HAND METERING UNIT (HMU)

Steeting Control Valve – Tidak ada Belokan

Gambar 1.30 – Steering Control Valve

Di dalam Gambar 1.30 HMU mengarahkan oli ke steering cylinder. Di dalam beberapa sistem, HMU mengarahkan oli ke steering control valve. HMU terdiri dari sebuah rotating valve dan sebuah metering pump. Rotating valve terdiri dari inner splool dan outer spool yang mengarahkan oli untuk belok kanan / right turn atau belok kiri / left turn. Metering pump terdiri dari sebuah pompa jenis gerotor yang mengendalikan besarnya aliran oli (Oil Flow) yang menuju ke steering cylinder.

Inner spool pada rotating valve dimasukkan ke dalam steering wheel shaft. Outer spool dihubungkan ke inner spool dengan sebuah spring daun (leaf spring). Sebuah pin melalui outer spool menembus melalui sebuah lubang yang lebih besar di dalam inner spool. Inner spool dapat bergerak maksimum 8 x (delapan kali) dalam salah satu arah terhadap outer spool sebelum pin menyentuh I.D. pada lubang yang lebih besar.

Leaf spring mengembalikan spool ke posisi netral (TIDAK ADA BELOKAN). Metering pump dihubungkan ke outer spool pada rotating valve. Satu putaran penuh pada steering wheel menyebabkan satu putaran penuh pada metering pump.

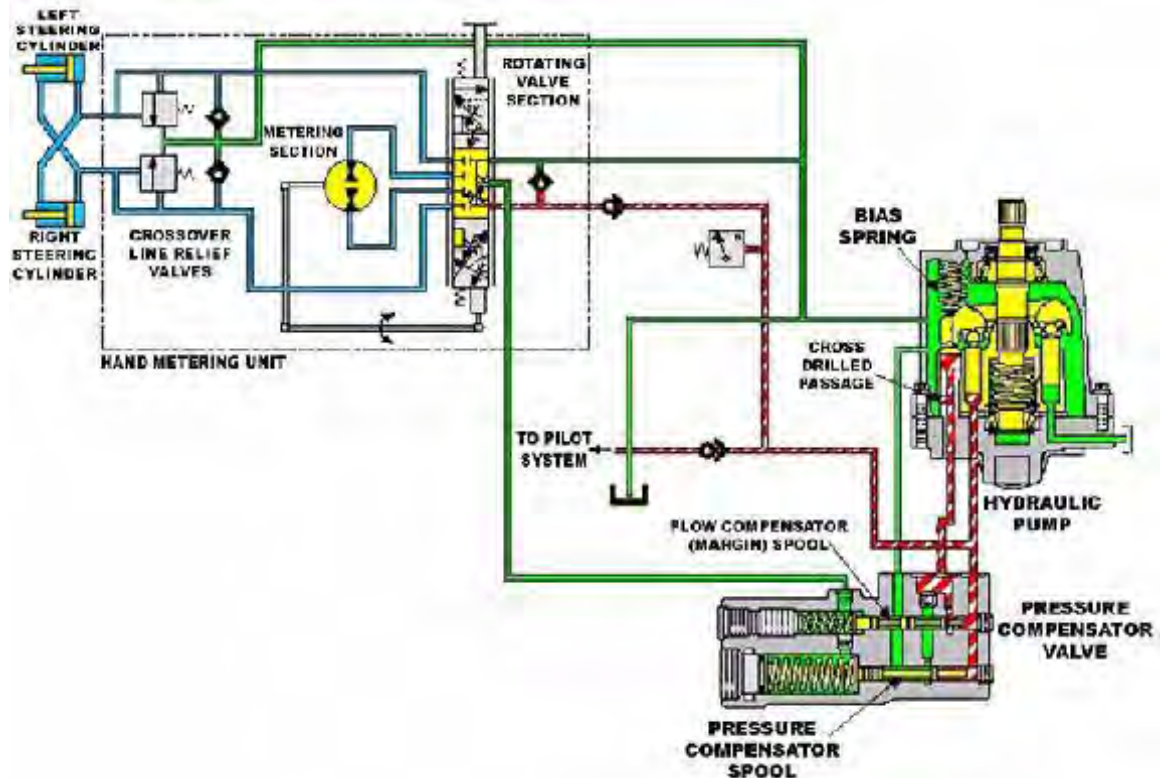
Kondisi Tidak Ada Belokan

Selama kondisi TIDAK ADA BELOKAN, rotating valve berada dalam posisi netral. Oli mengalir dari steering pump, melalui rotating valve, dan kembali ke tangki. Tidak ada aliran oli (Oil Flow) ke metering pump atau ke steering cylinder.

Kondisi Belok kanan / right turn

Ketika melakukan BELOK KANAN / RIGHT TURN , steering wheel memutar inner spool searah jarum jam selama delapan derajat pertama putaran steering wheel, outer spool tetap tidak bergerak. Ketika inner spool telah berputar 1,5 derajat di dalam outer spool, aliran oli (Oil Flow) diarahkan ke metering pump.

Setelah 4 derajat putaran steering wheel, metering pump mulai mengukur aliran oli (Oil Flow) yang kembali ke rotating valve. Setelah 8 derajat putaran, lubang saluran oli pada inner spool dan outer spool sejajar sepenuhnya dalam posisi belok kanan / right turn. Inner spool, outer spool, dan metering pump berputar secara bersama-sama. Rotating valve mengarahkan aliran oli (Oil Flow) dari metering pump ke steering cylinder. Oli balik dari steering cylinder mengalir melalui rotating valve ke tangki.

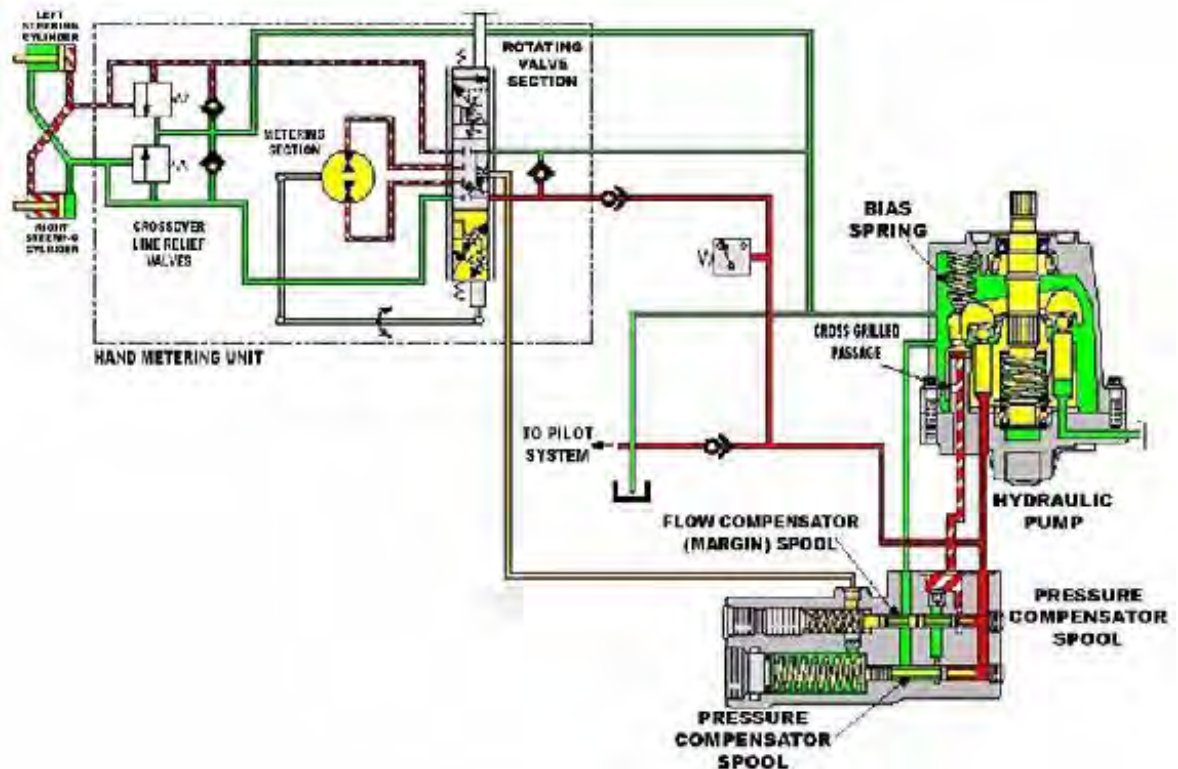
Sistem dalam Kondisi Menahan (Hold)

Gambar 1.31 – Kondisi Hold

Gambar 1.31 memperlihatkan aliran oli (Oil Flow) dalam posisi HOLD. Ketika steering system berada dalam posisi HOLD, pompa hydraulic jenis load sensing steering system variable displacement piston berada dalam LOW PRESSURE STANDBY.

Sebagian besar aliran oli (Oil Flow) dari pump diblokir di HMU. Sejumlah kecil oli dibiarkan mengalir keluar melalui orifice dan kembali ke tangki. Aliran oli (Oil Flow) melalui orifice memastikan bahwa oli selalu tersedia bagi HMU untuk memberikan respons yang cepat bila steering system dioperasikan. Lubang saluran tekanan sinyal yang mengarah ke flow compensator spool dibuka ke arah tangki.

Aliran pompa yang terblokir menyebabkan pressure system meningkat. Tekanan ini dirasakan pada ujung bawah flow compensator (margin) spool dan pressure compensator spool. Margin Spool bergerak ke atas terhadap gaya spring rendah dan membiarkan oli sistem mengalir ke actuator piston. Actuator piston bergerak terhadap pump bias spring (spring bias pompa) dan menggerakkan washplate ke arah sudut minimum.

Actuator piston bergerak terhadap bias spring hingga lubang saluran yang dibor silang tersingkap di dalam actuator piston rod atau piston pada beberapa pompa. Pada saat oli sistem mengalir keluar, tekanan di dalam actuator piston dan gaya bias spring menjadi seimbang. Pompa menimbulkan cukup aliran untuk mengganti kebocoran sistem dan mempertahankan pressure system minimum.

Kondisi Belok kanan / right turn Secara Berangsur-angsur

Gambar 1.32 – Posisi belok kanan / right turn secara berangsur-angsur

Skema pada Gambar 1.32 memperlihatkan aliran oli (Oil Flow) selama BELOK KANAN / RIGHT TURN SECARA BERANGSUR-ANGSUR. Ketika memutar steering wheel secara berangsur-angsur searah dengan jarum jam, HMU rotating valve mengarahkan oli ke bagian metering (metering section). Oli tersebut mengalir melalui metering section dan melalui rotating valve ke cylinder. Cylinder mengembalikan aliran oli (Oil Flow) melalui rotating valve ke tangki.

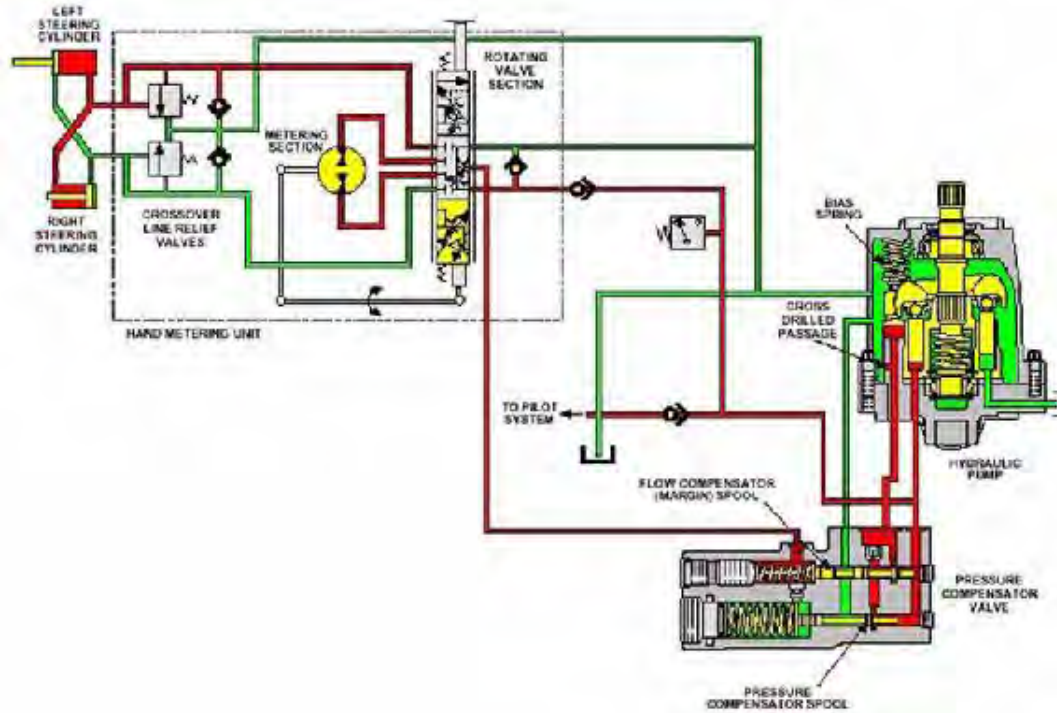
Lubang saluran oli cylinder dihubungkan melalui HMU signal line ke margin spool spring chamber di dalam compensator valve. Tekanan oli di dalam cylinder sama dengan tekanan oli di dalam margin spool spring chamber.

Pada saat tekanan oli di dalam cylinder naik, gaya yang disebabkan oleh naiknya tekanan oli sinyal pada bagian kiri margin spool ditambah dengan gaya margin spring menjadi lebih besar dari gaya tekanan oli suplai pompa di sebelah kanan margin spool. Ini menggerakkan margin spool ke kanan, memblokir aliran oli (Oil Flow) sistem menuju actuator piston dan membuka lubang saluran di dalam actuator piston untuk mengalir ke lubang buang (drain).

Tekanan pada actuator piston berkurang atau hilang yang membuat bias spring menggerakkan swashplate ke sudut yang lebih besar. Pada tahap ini, pompa akan menghasilkan lebih banyak aliran. Kondisi ini disebut UPSTROKING.

Pada saat aliran pompa meningkat, tekanan suplai pompa juga meningkat. Pada saat gaya pada tekanan suplai pompa sama dengan gaya pada tekanan beban cylinder ditambah dengan gaya margin spool spring, margin spool bergerak ke posisi metering baru, dan sistem akan menjadi stabil.

Swashplate ditahan pada sudut yang relatif konstan untuk menjaga aliran yang dibutuhkan. Kondisi ini disebut ALIRAN KONSTAN.

Kondisi Belok kanan / right turn Penuh

Gambar 1.33 – Posisi Belok kanan / right turn Penuh

Skema pada Gambar 1.33 memperlihatkan aliran oli (Oil Flow) selama BELOK KANAN / RIGHT TURN PENUH. Bila mesin dicegah berbelok atau cylinder-cylinder mencapai ujung stroke-nya, oli suplai tidak dapat lagi menggantikan gerakan cylinder piston.

Oli suplai berhenti mengalir ke dalam cylinder. Tekanan oli suplai, tekanan cylinder, dan tekanan signal menjadi sama. Gaya tekanan oli di dalam margin spool spring chamber ditambah dengan gaya margin spool spring adalah lebih besar dari gaya yang ditimbulkan oleh tekanan oli suplai. Margin spool digerakkan ke kanan dan oli dikeluarkan dari actuator piston.

Bias spring mengirim pump swashplate ke arah sudut maksimum. Ketika gaya yang ditimbulkan tekanan oli suplai melebihi gaya pressure convensator spool spring, pressure compensator spool akan bergerak ke kiri dan oli suplai akan mengalir ke actuator piston.

Actuator piston menggerakkan swashplate ke arah sudut minimum ke suatu posisi yang mensuplai aliran oli (Oil Flow) yang cukup untuk menjaga sistem pada setelan pressure

convensator valve. Kondisi ini disebut HIGH PRESSURE STALL (DIAM DALAM TEKANAN TINGGI).

STEERING SEKUNDER

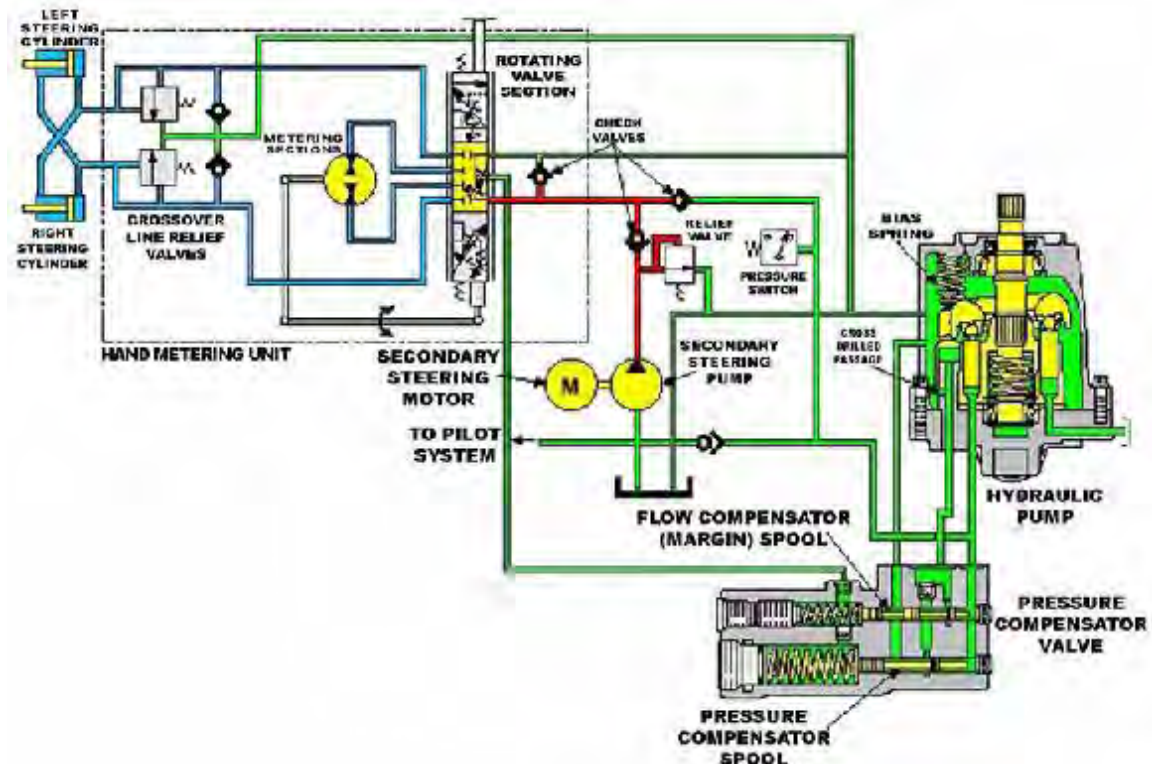
Gambar 1.34

Gambar 1.34 memperlihatkan steering system sekunder yang dipasang pada sebuah 924G. Steering system ini sama dengan yang dipasang pada 928G. Steering system sekunder adalah suatu pilihan pada 928G yang memungkinkan operator untuk terus mengemudikan alat jika engine rusak atau steering pump berhenti.

Sistem ini terdiri dari sebuah pompa hydraulic (1) yang digerakkan dengan sebuah motor listrik)(2), yang terletak di bawah cooling package di depan tangki bahan bakar. ECM mengendalikan motor melalui sebuah relay.

Jika tekanan steering turun, sebuah sinyal dari control module menutup sebuah kontak dan pompa steering sekunder (secondary steering pump) hidup. Secondary steering motor, relay dan pump terdapat di belakang mesin di depan tangki bahan bakar (fuel tank).

Steering system sekunder dapat dipasang pada 924G/924GZ.

Steering system sekunder memiliki sebuah tes manual dan sebuah tes otomatis untuk memastikan pengoperasian yang benar. Tes otomatis terdiri dari tes tiga detik saat kunci start berada dalam posisi ON, sebelum menghidupkan engine. Selama pengetesan tersebut, operator harus mengemudikan alat dan memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik.

Gambar 1.35 – Steering Sekunder

Fungsi pompa steering sekunder adalah untuk mensuplai oli ke steering system bila engine berhenti dan alat sedang bergerak. Pompa steering sekunder adalah pompa jenis gear yang digerakkan dengan menggunakan sebuah motor listrik (Gambar 1.35). Sebuah modul pengendalian electronic (tidak diperlihatkan) mengendalikan tenaga listrik yang menuju motor listrik. Modul pengendalian electronic memantau tekanan pompa utama (primary pump) melalui sakelar tekanan (pressure switch).

Bila tekanan di dalam sistem primer berkurang sampai dibawah 1200 kPa (175 psi), sakelar tersebut menutup dan mengirim sinyal ke modul pengendalian (control module) untuk menghidupkan motor pompa sekunder. Modul pengendalian electronic tersebut

juga menyalakan lampu indikator steering sekunder di dalam kabin. Indikator steering sekunder mengingatkan operator bahwa steering system sekunder sedang ON.

Bila pressure system primer meningkat diatas 1200 kPa (175 psi) atau mesin berhenti bergerak, modul pengendalian electronic mematikan steering system sekunder. Komponen-komponen hydraulic steering sekunder terdiri dari pompa steering sekunder, relief valve, check valve dan saklar tekanan hydraulic. Pressure relief valve membatasi tekanan steering system sekunder pada 17125 kPa (2500 psi).

Rangkuman

1. Fungsi dari *Steering* adalah komponen dari power train yang berfungsi membelokan arah kanan kiri.
2. Macam – macam *Steering* berdasarkan sistim tenaga penggeraknya:
   a. Mechanical
   b. Hydraulic/Pneumatic
3. Macam – macam *Steering* berdasarkan final drivenya (penggerak akhir):

Evaluasi

A. EVALUASI DIRI

<table>
<tr><th colspan="6">Penilaian Diri</th></tr>
<tr><td colspan="6">Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampuan siswa bersangkutan.</td></tr>
<tr><th rowspan="2">No.</th><th rowspan="2">Aspek Evaluasi</th><th colspan="4">Penilaian diri</th></tr>
<tr><th>Sangat Baik (4)</th><th>Baik (3)</th><th>Kurang (2)</th><th>Tidak Mampu (1)</th></tr>
</table>

A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya memahami *Steering System*				
2	Saya memahami macam – macam *Steering System*				
C	**Keterampilan**				
1	Saya mampu mengidentifikasi prisip kerja *Steering System*				
2	Saya mampu mengidentifikasi macam-macam *Steering System*				

B. REVIEW

1. Apakah fungsi Steering?
2. Apakah perbedaan Steering mechanical dan hydraulic?

Bab 2

BAB 2 Memahami Proses Perawatan Pada Sistem Hidrolik

A. Deskripsi

Dalam Bab Satu ini akan membahas tentang *Mema... Kemudi (Steering) yang terpasang pada machine jenis roda*. Di... *Memahami Sistem Kemudi (Steering) yang terpasang pada machine jenis roda* sangat penting sekali karena tanpa kemudi unit akan tanpa arah.

Di dalam bab ini kita akan membahas beberapa topic, yaitu:

A. Pengertian *Steering System*

B. Macam – macam *Steering System*

B. Tujuan Pembelajaran

Tujuan dalam bab ini siswa dapat memahami dan mengidentifikasi dari *Hydraulic Hose*, akan dijabarkan secara mendetail, yaitu:

A. Siswa dapat memahami Pengertian *Steering System*

B. Siswa dapat memahami dan mengidentifikasi macam – macam *Steering System*

C. Uraian Materi

Pendahuluan

Maintenance/perawatan adalah Suatu kegiatan pemeliharaan dan perbaikan performa atau kemampuan suatu komponen atau unit secara berkala dan teratur. Dalam hal ini perawatan sangat penting sekali lebih baik dilakukan perawatan dari pada terjadi perbaikan sampai – sampai unit down malah membutuhkan biaya yang sangat besar dan kerugian waktu yang besar.

Pengamatan

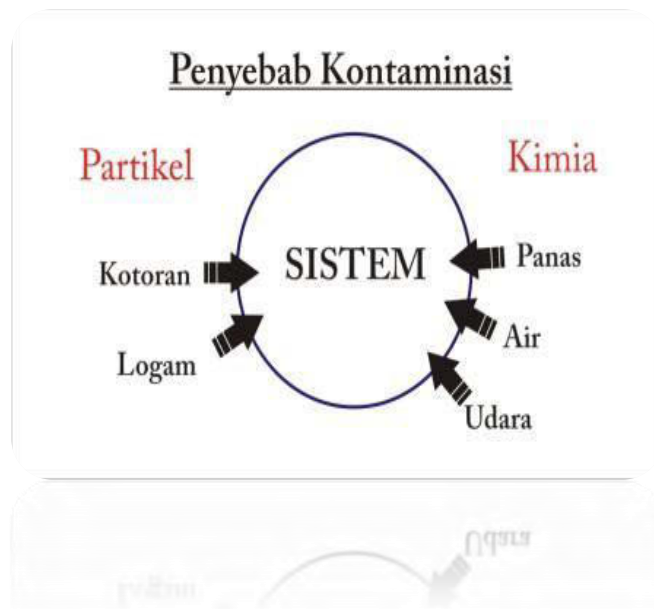
1 Coba liat kodisi tubuh kita misalnya gigi. Apabila gigi kita tidak pernah di maintenance atau dibersihkan setiap hari apa yang akan terjadi pada gigi kalian?

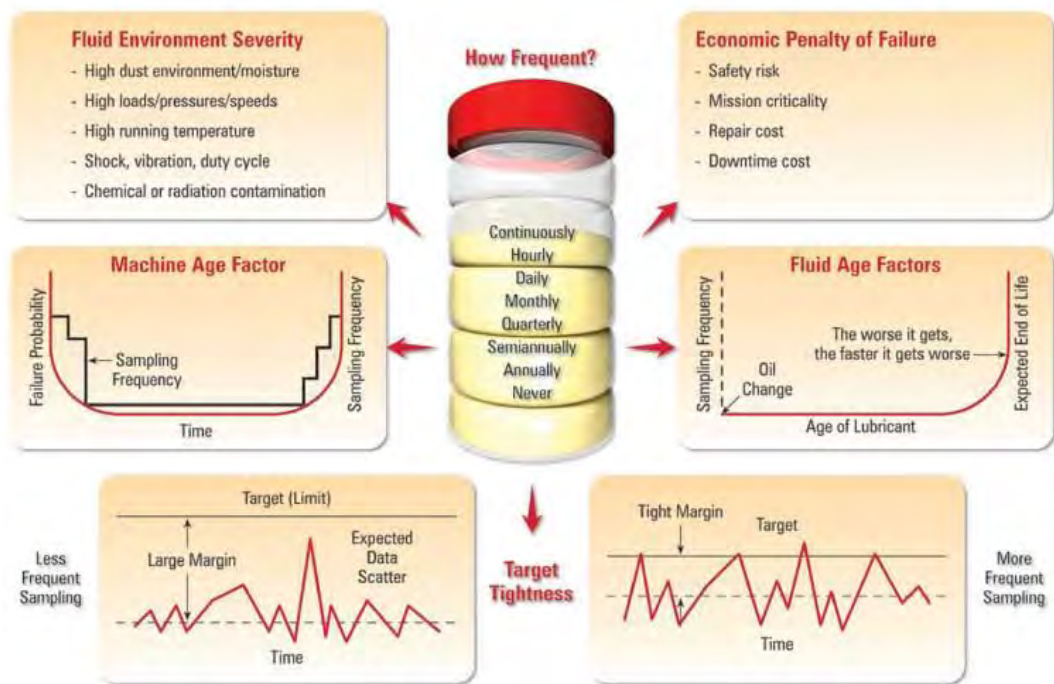
2 Sekarang kita coba amati dilingkungan kita. Misalnya kita ambil yang mirip dengan hydraulic yaitu LPG pada Slang LPGnya atau hose bila kita setiap minggu atau setiap bulan tidak mengecek atau membersihkan hose. Apa yang akan terjadi di rumah kalian terhadap hose tersebut?

Jelas hose tersebut kalau terkena perubahan suhu panas dingin, terkena air, minyak dan berbagai macam fluida pada saat memasak

Diskusi

Program perawatan preventif yang bagus termasuk didalamnya pemeriksaan seluruh sistem hidrolik secara teratur. Telah dilaporkan bahwa lebih dari 70% kerusakan sistem hidrolik disebabkan karena adanya kontaminasi langsung. Prosedur perawatan yang bagus berkonsentrasi pada penjagaan agar tidak terkontaminasinya sistem, sehingga dapat mengurangi terjadinya kerusakan. Kerusakan ini bisa disebabkan karena;

- kontaminasi air
- kontaminasi abrasi
- kebocoran eksternal pada celah diantara seal dan pembersih yang sudah lama
- kebocoran pada sistem
- kebocoran internal pada komponen yang terkikis.

Penciptaan program perawatan mencakup dibawah ini:

1. memperbaiki dengan segera bagian yang bocor
2. mengganti filter dengan interval servis yang teratur dan
3. mengambil sampel oli untuk dilakukan analisis dengan interval servis yang teratur.

Catatan: Ambil sampel oli pada temperatur operasi dan pada suatu titik dimana cairan secara terus menerus bersirkulasi. Apabila reservoir disentuh dengan tidak

sengaja oleh oli, maka sampel tersebut akan cukup panas untuk diambil sebagai sampel.

Pada saat melakukan troubleshooting pada peralatan, maka karyawan yang telah dilatih harus berpikir dan bertindak secara logis dan sistematis. Untuk memulai program perawatan pada peralatan baru, maka catat dan simpan informasi checklist dibawah ini:

Component	Component Knowledge	Best Practices	Frequency
Hydraulic Fluid Filter	There are two types of filters on a hydraulic system. 1.) Pressure Filter - Pressure filters come in collapsible and non-collapsible types. **Preferred filter** is the non-collapsible type. 2.) Return Filter - Typically has a bypass, which will allow contaminated oil to bypass the filter before indicating the filter needs to be changed.	1. Clean the filter cover or housing with a cleaning agent and clean rags. 2. Remove the old filter with clean hands and install new filter into the filter housing or screw into place. CAUTION: NEVER allow your hand to touch a filter cartridge. Open the plastic bag and insert the filter without touching the filter with your hand.	**Preferred:** based on historical trending of oil samples. **Least Preferred:** Based on equipment manufacture's recommendations.
Reservoir Air Breather	The typical screen breather should not be used in a contaminated environment. A filtered air breather with a rating of 10 micron is preferred because of the introduction of contaminants to a hydraulic system.	1. Remove and throw away the filter	Preferred: Based on historical trending of oil samples. **Least Preferred:** Based on equipment manufacture's recommendations
Hydraulic Reservoir	A reservoir are used to: 1. Remove contamination. 2. Dissipate heat from the fluid. 3. Store a volume of oil.	1. Clean the outside of the reservoir to include the area under and around the reservoir. 2. Remove the oil by a filter pump into a clean container, which has not had other types of fluid in it before. 3. Clean the insides of the reservoir by opening the reservoir and cleaning the reservoir with a "Lint Free" rag. 4. Afterwards spray clean hydraulic fluid into the reservoir and drain out of the system.	If any of the following conditions are met. 1. A hydraulic pump fails. 2. If the system has been opened for major work. 3. If an oil analysis states excessive contamination
Hydraulic Pumps	A maintenance person needs to know the type of pump they have in the system and determine how it operates in their system. Example: What is the flow and pressure of the pump during a given operating cycle. This information allows a maintenance person to trend potential pump failure and troubleshoots a system problem quickly.	1. Check and record flow and pressure during specific operating cycles. 2. Review graphs of pressure and flow. 3. Check for excessive fluctuation of the hydraulic system. (designate the fluctuation allowed)	**Pressure checks:** Preferred - Daily Least Preferred: Weekly Flow & Pressure checks: Preferred- Two weeks Least preferred: Monthly

-tekanan,

-jumlah aliran,

-kecepatan aktuator,

-jenis oli,

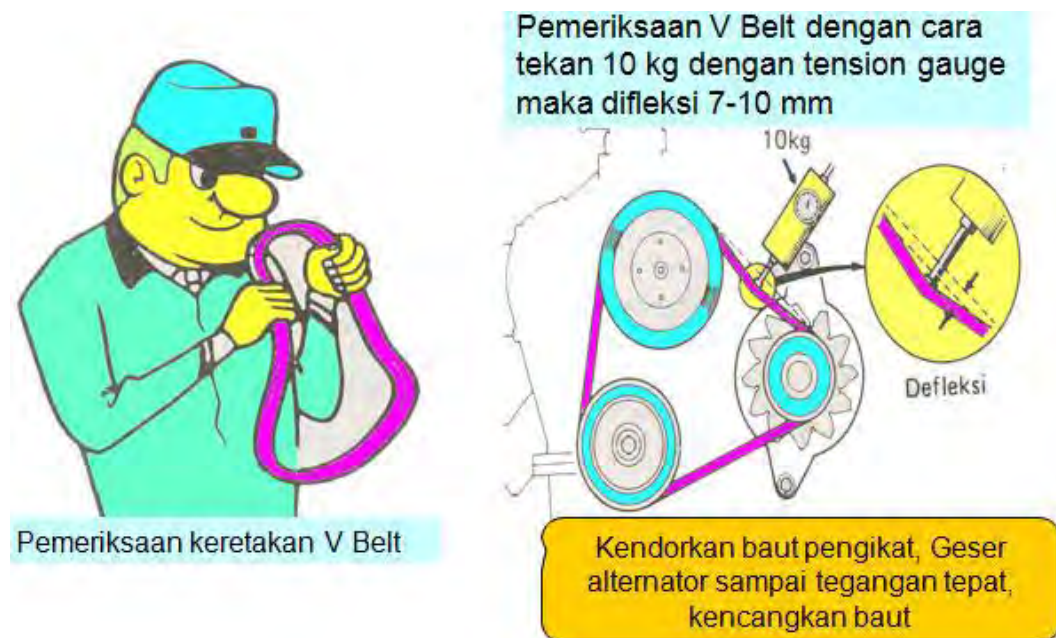
-analisis oli dan

-informasi lain yang mungkin berguna untuk troubleshooting berikutnya.

Praktek Pemasangan Yang Benar

Praktek yang paling penting adalah kebersihan. Semua yang terbuka harus tertutup setelah dilakukan pembersihan dan jaga agar tetap tertutup sampai pemasangan dilakukan. Tidak boleh dilakukan penggerindaan dan operasi pengelasan di area dimana komponen hidrolik sedang dibersihkan dan diperiksa. Pembersihan harus dilakukan dengan teratur, dalam keadaan kering, udara terkompresi, memastikan bahwa semua fitting dan selang harus bersih. Pastikan bahwa penggatian selang adalah sesuai ukuran, jumlah tekanan dan konstruksinya sama serta bebas dari adanya kontaminasi. Apabila menggunakan tape teflon atau sambungan kompon pada ulir pipa, selalulah membiarkan ulir pertama dari dua ulir telanjang untuk menjaga agar tape atau kompon tidak masuk ke sistem.

Jangan gunakan tape teflon atau sambungan kompon dengan ulir fitting yang lurus.

Pada saat memasang pompa dan motor, selalu luruskan halve kopling. **Jangan** memaksa kopling masuk ke poros motor dan pompa. Mereka harus slip fit atau mengeruk dengan menggunakan oli panas. Selalu gunakan never-seize pada spline selama pemasangan. Karena hal ini bisa menambah umur kerja pada spline dan menjadikan pembongkaran lebih mudah. Apabila menggunakan kopling sambungan universal ganda, maka poros harus sejajar dan yoke harus lurus.

Pada saat memasang sabuk-V pada motor dan pompa, luruskan kedua puli. Selalu pasang puli dengan jumlah regangan yang sangat kecil, sedekat mungkin ke bagian muka pompa atau motor. Hal ini bisa meningkatkan umur pemakaian bearing.

Perlindungan peralatan hidrolik

Spool katup, poros pompa dan motor yang dibiarkan kering bisa terkena karat dan korosi pada kondisi iklim yang kurang baik. Apabila kendaran disimpan diluar, maka disarankan agar melapisi semua permukaan yang tidak terkena cat dengan mengunakan grease pelindung apabila tidak digunakan dengan segera. Langkah penting dalam perawatan kendaraan yang menggunakan peralatan hidrolik adalah dengan mengcat. Cat ini melindungi permukaan kendaraan, dan juga dapat menyilaukan mata. Pembersihan secara keseluruhan dan persiapan harus dilakukan dengan benar, karena kerusakan pada komponen sistem hidrolik bisa terjadi.

Semua batang piston yang terkena cuaca harus dibungkus dengan tape pelindung. Cat dapat merusak elemen sealing pada penutup silinder dan dapat menyebabkan kebocoran pada saat batang piston ditarik. Pada saat seal poros motor dan pompa berada diluar lambung trust bearing, maka sangat penting memastikan bahwa seal juga dilindungi.

Semua spool katup kontrol, termasuk ujung open capped dan lubang aliran harus ditutup sebelum dilakukan pengecatan. Pembersihan kotoran, oli dan grease

biasanya dilakukan dengan volatile mineral spirit atau thinner cat lain, yang bisa disemprotkan dan biarkan kering sebelum dilakukan pengecatan.

Sebagian besar katup kontrol lansung (directional) memiliki pintu (port) silinder yang terblok pada posisi netral dan oli dalam silinder tidak dapat terkompresi. Selama pengangkutan, mungkin silinder terkena beban kejut yang bersifat mekanis. Untuk mencegah kerusakan, gunakan penyangga dari kayu keras untuk mencegah bergeraknya batang piston selama pengangkutan. Cobalah menyimpan peralatan dengan silinder dalam keadaan tertarik atau memanjang sepenuhnya, gerakan yang ringan karena ekspansi oli lebih baik dari pada terjadinya tekanan ekstrim karena adanya ekspansi atau kavitasi oli yang terperangkap di dalam.

Penyimpanan dan penanganan oli

Penanganan dan penyimpanan yang tepat dapat mengamankan peralatan. Disarankan ada cara pengurangan kontaminasi, tetapi harus dicatat bahwa tak satupun prosedur yang bisa dilakukan apabila cairan yang terkontaminasi dimasukkan ke sistem.

Alat pemurni (Refiners) dapat mencegah masuknya bahan kontaminasi ke oli sampai ke waktu pengiriman. Hal yang penting agar hati-hati dalam mencegah masuknya bahan kontaminasi setelah pengiriman dan selama penyimpanan dan penanganan. Pilih tempat penyimpanan yang bersih dan kering. Simpan drum di sampingnya dan tutup mereka untuk mencegah masuknya kontaminasi debu. Air yang ada diatas drum akan masuk lewat penutup drum dan masuk ke oli. Air yang ada dalam oli hidrolik akan mengurangi kehandalan dan umur pemakaian.

Drum harus terlindungi dari adanya perubahan suhu secara tiba-tiba dan harus dijaga sepenuhnya.
Sebelum membuka drum, bersihkan bagian atas drum dengan hati-hati supaya kotoran tidak jatuh ke oli. Penapisan awal oli akan membantu dalam pemakaian oli yang bersih. Sebelum membongkar filler cap untuk menambahkan oli ke sistem hidrolik, bersihkan dulu penutupnya dan nozzle filler dengan menggunakan kain bebas lint yang bersih. Tutuplah dengan kencang reservoir setelah pengisian. Bagian penting dalam program perawatan preventif adalah menjaga agar oli tetap bersih.

Pemilihan Cairan yang tepat

Pada saat memilih cairan hidrolik yang benar, poin-poin dibawah ini harus dipertimbangkan:

-kesesuaian dengan sistem,
-persyaratan temperatur,
-konstrusksi komponen,
-tekanan saat pengoperasian, dan
-persyaratan kekentalan.

Konsultasikan dengan suplier tentang cairan dan konsultasi ke pabrik pembuat untuk mendapatkan bantuan dalam menentukan cairan yang sesuai dengan pekerjaan.

Ada cairan yang tidak cocok digunakan pada sistem hidrolik modern dan cairan yang salah akan menyebabkan terjadinya masalah. Cairan hidrolik MS (most serve) secara khusus diformulasi sesuai dengan kebutuhan sekarang ini. Perubahan cairan MS dapat menambah umur servis komponen sistem dan akan menghemat biaya.

Sampai saat ini, cairan hidrolik harus lebih kuat, memberikan tekanan puncak dan kekuatan yang lama selama berjam-jam operasi. Cairan ini harus tahan setiap hari dalam semua sistem. Hal ini mengartikan adanya penghematan oli yang lebih banyak dan perlu peningkatan kualitas. Sifat-sifat anti-aus dapat mencegah goresan dan keuasan berlebihan pada operasi dengan kecepatan tinggi dan tekanan tinggi. Kestabilan yang tinggi dapat menahan oksidasi dan mencegah formasi lapisan dan deposit yang mengotori sistem. Zat anti karat dapat mencegah terbentuknya karat karena adanya kondensasi kelembaban. Zat anti-foam mengeluarkan gelembung udara dalam cairan dan mencegah terjadinya foaming yang dapat menyebabkan operasi lambat dan tidak teratur. Indeks kekentalan cairan yang bagus dengan aliran yang mudah pada saat temperatur rendah tanpa penipisan pada temperatur yang tinggi setelah berjam-jam pemakaian. Sifat-sifat kondisioner seal mencegah keretakan dan gelombang seal yang berlebihan yang dapat mengakibatkan kebocoran cairan.

Reservoir adalah bagian yang sangat penting dalam sistem. Jika reservoir ini dirancang, dirakit dan dipasang dengan baik, maka akan dapat menyimpan cairan, memisahkan udara, mengendapkan bahan kontaminasi, membuang panas dan meningkatkan tekanan isap pada pompa. Design reservoir harus tinggi dan sempit. Karena hal ini akan mencegah masuknya udara pada oli, yang disebabkan karena tindakan pusaran udara pada tekanan isap. Apabila memungkinkan, reservoir harus dipasang diatas pompa. Selang pembalik harus ada dibawah pengukur cairan. Ruang udara yang cukup harus dipersiapkan disekitar reservoir agar panas bisa keluar karena karena sistem cooler akan beroperasi dengan lebih eifisien. Ukuran ideal reservoir adalah dua sampai tiga kali aliran pompa maksimum. Apabila silinder besar, khususnya jenis telescoping yang digunakan, maka kapasitas reservoir harus cukup supaya tidak ada kisaran udara dalam pompa pada saat semua silinder diperpanjang. Pelat pemisah harus memisahkan isapan pompa dan selang pembalik sistem untuk mendinginkan oli, membiarkan udara naik dan bahan kontaminasi keluar. Ukuran pelat pemisah kira 2/3 dari total tinggi reservoir. Bagian bawah harus dipotong lebih besar dari pada ukuran pompa isap, sehinga dapat mencegah ukuran oli yang tidak sama dalam tangki.

Pengisapan harus memiliki strainer yang sudah terpasang dan harus cepat dibersihkan. Kopling peralatan berat harus digunakan untuk selang pembalik atau sambungan aliran pembuang. Nipples pembalik tangki harus memanjang dekat bagian bawah reservoir, yang ada dibawah pengukur oli. Nipple harus dipotong dengan sudut 45 derajat dan hadapkan ujung reservoir jauh dari isapan pompa. Cara ini cenderung membuang panas dan memindahkan oli dengan pola sirkulasi untuk memastikan bahwa pengisapan menerima cooler dan tidak mengganggu oli. Harus dilakukan pembersihan pelat agar ada semprotan dibagian dalam reservoir. Kemudian skala pengelasan dan pancaran, ciri-ciri baja yang mudah terkena panas harus dikeluarkan. Pengecatan dianjurkan, dengan menggunakan petroleum based fluids, lapisan non-bleeding. Lapisan khusus ada untuk non-petroleum based fluid.

Sekat tipis harus digunakan pada filler opening untuk mencegah masuknya benda-benda asing, opening ini harus memiliki stok yang cukup untuk pengencangan. Sistem dengan reservoir jenis terbuka harus memiliki alat pengisap mikronik yang sudah terpasang. Sistem yang diberi tekanan harus menggunakan relief valve untuk membatasi tekanan reservoir dan diperalati agar udara terfiltrasi pada saat mengisap atsmophir. Apabila ada pengisian udara positif dari sistem udara pada kendaraan, maka perangkap air untuk menangkap kelembaban harus dimasukkan. Perangkap harus tersedia dengan cepat untuk penyervisan setiap hari. Alat ukur (lebih disukai) atau dipstik diperlukan untuk memeriksa ukuran oli. Penempatan filter selang pembalik di bagian dalam resevoir menyulitkan karena filter ini lebih layak dipasang di luar reservoir. Semua aplikasi, khususnya pada sistem yang diberi tekanan, harus memiliki lima psi bypass check untuk mencegah pecahnya seal filter, kaleng dan elemennya.

Pastikan bahwa head oli positif pada pompa, akan membantu menghindari kerusakan pada pompa. Reservoir yang diberi tekanan menciptakan head oli positif. Pompa yang bising mungkin disebabkan karena adanya kavitasi dan busa. Oli yang seperti susu dan keruh adalah merupakan indikasi adanya udara dan air pada sisi pompa pengisap. Apabila oli bersih tetapi pompa masih tetap bising,

maka mungkin penyebabnya adalah karena kavitasi. Coba dan cegah agar pompa tetap hampa udara. Aliran isap tidak boleh melebihi empat kaki per detik, oleh karena itu pertimbangkan dalam memasang selang pengisap panjang dan pendek. Selama pompa dipanaskan, hindari kecepatan mesin yang tinggi, karena oli yang dingin dan tebal dapat menyebabkan kavitasi.

Dengan melaksanakan prosedur perawatanan preventif dengan tepat, maka kerusakan pompa dapat dikurangi. Temperatur berlebihan dan pompa yang bising dapat menyebabkan kerusakan. Apabila peralatan beroperasi agak lebih lambat, kurang tenaga dan kurang responsif, maka saatnya memeriksa jumlah aliran dan tekanan dalam sistem. Pengujian ini harus dilakukan pada temperatur operasi, dengan mesin yang cepat dan diberi beban. Kebisingan pada pompa mungkin merupakan indikasi dari adanya kavitasi (suplai oli yang terbatas), terisi udara (udara masuk ke sistem) atau suku cadang internalnya aus.

Setelah pompa sudah diperbaiki dan diganti, jangan mengoperasikan sistem sampai pembersihan sudah dilakukan. Daya kerja yang kurang baik dan berakhir dengan kurusakan pompa mungkin disebabkan karena jumlah cairan tidak cukup, pengisapan pompa terhambat, kekentalan cairan tidak benar. Cairan bisa menebal karena oksidasi atau kontaminasi, keausan berlebihan pada pompa, silinder dan katupnya.

Semua cairan hidrolik mengandung udara yang dilarutkan, volumenya biasanya kira-kira 10%. Seseorang harus mencoba mengurangi udara dalam sistem. Dibawah penambahan tekanan, cairan akan menyerap jauh lebih banyak udara. Adanya udara pada rangkaian hidrolik adalah karena adanya udara bebas dimana mungkin hanya dari cairan hidrolik itu sendiri. Biasanya udara adalah dalam bentuk gelembung udara yang tersebar ke cairan. Kesulitan dengan adanya kandungan udara ini seringkali akan terjadi karena velositas cairan akan bertambah pada komponen hidrolik.

Catatan: Karena cairan bertindak sebagai bahan seal pada tekanan atmosphir, pada saat tekanan sistem jatuh dibawah tekanan atmosphir, maka udara dapat diisap dimana cairan tidak perlu bocor keluar.

Tempat-tempat umum dimana udara bisa masuk ke sistem hidrolik adalah:

1. Selang pengisap, longar atau fitting atau seal rusak pada beberapa komponen.
2. Selang pembalik, longgar atau fitting atau seal rusak pada beberapa komponen
3. Batang silinder, packing atau seal rusak atau aus.
4. Junction block, tees atau pipa retak;
5. Ukuran cairan tertelalu rendah, hal ini dapat menyebabkan terjadinya pusaran air pada isapan pompa dalam reservoir.
6. Udara terperangkap dalam filter dengan tidak mengunakan alat pembuang.
7. Cairan pembalik terbuang diatas level cairan dalam reservoir.
8. Pelat buang yang kurang bagus dalam reservoir juga dapat menyebabkan pengaliran udara terganggu.
9. Udara terperangkap dalam sistem selama pengisian awal atau pada saat penambahan cairan.

Adanya kandungan udara dapat menyebabkan kerusakan komponen karena kekurangan pelumasan yang mengakibatkan terjadinya panas berlebihan dan cerukan. Hindari adanya kandungan udara dengan cara menjaga agar fitting tetap kencang; menjaga oli ke tangki berada dibawah level oli; membersihkan sistem setelah start up awal; membuang udara pada filter dan memeriksa serta merawat secara teratur.

Salah satu sumber utama kebisingan adalah pada pompa, cobalah mengurangi tingkat kebisingan ini. Pengoperasian pompa yang besar pada kecepatan rendah

umumnya lebih tenang dibanding operasi pompa kecil dengan kecepatan tinggi. Pompa displacement tetap biasanya lebih tenang dibanding pompa displacement variabel. Pompa yang dipasang dengan flange yang standard, dipasang pada rangka yang ringan, dengan kopling poros yang lebih murah dan dengan pipa yang padat adalah merupakan pompa yang sangat bising.

Reservoir harus menampung cairan yang bebas dari gelembung udara ke dalam selang isap. Semua selang masuk dan meningalkan tangki dibawah level cairan. Selang pembuang harus memiliki paling kurang 3 kaki dari selang fleksibel yang ukurannya lebih besar dari pada tap yang masuk ke rangka pompa atau motor. Pipa harus diisolasi dari struktur yang terbuat dari karet, khususnya pada dinding lintang dan permukaan rata yang lain. Permukaan rata menyebabkan adanya pengaruh suara bersama dengan vibrasi. Filter akustik dapat digunakan untuk mengurangi pengaruh suara.

Pastikan bahwa sistem anda memiliki penyaring yang bagus. Filter absolut dengan ukuran 10 mikron akan menyaring partikel besar tetapi partikel yang lebih kecil dari 10 mikron lebih banyak merusak, yang sama dengan material halus dan lebih baik pada material keras yang merupakan file kasar. Penyervisan dan bahan kontaminsai yang diisap oleh pembersih batang adalah merupakan alat konstribusi besar terhadap kerusakan. Peningkatan viskositas oli yang kelihatan tebal dan gelap, bisa menunjukkan adanya oksidasi, reaksi zat kimia yang terakselerasi karena adanya panas dan berkontak dengan tembaga dan air. Para peneliti menyarankan bahwa oli dengan umur normal 4000 jam dengan suhu 80 derajat celcius (176^0 F) dapat dikurangi sampai 2000 jam jika temperatur dinaikkan sampai 90^0C (194^0F). Air juga mengakselerasi oksidasi dan formasi asam. Alat pengisap tangki harus dipasang bersama dengan silica gel filter cartrige dan fine depth type filter. Alat pengisap 40 mikron tidak bisa dipakai.

Deteriorisasi permukaan adalah merupakan penyebab dari kerusakan peralatan. Kerusakan ini adalah karena keausan atau korosi yang bersifat mekanis.

Mikrometer, sama dengan sepersejuta meter, adalah alat umum yang digunakan untuk mengidentifikasi kontaminasi. Ukuran partikel kontaminasi dengan mode ukuran depositnya 5 mikrometer, memerlukan perhatian.

INGAT: PERAWATAN YANG TEPAT MEMERLUKAN.

Check list sistem hidrolik.

1) Silinder / torak (piston)
    - a) pins / bushings / bearings
    - b) pipa
    - c) pemasangan
    - d) pack / gaskets / seals
    - e) torak (pistons)
    - f) mata
2) Pengontrolan
    - a) katup relif
    - b) katup kontrol
    - c) katup prioritas
    - d) solenoid
    - e) sambungan / push rod
    - f) lengan kontrol
    - g) kontrol listrik
3) Motor Hidrolik
4) Pompa hidrolik
    - a) tekanan dan aliran
5) Komponen hidrolik
    - a) tangki reservoir
    - b) penyaring (filters)
    - c) cairan oli
    - d) selang / lines / fittings
    - e) kill switch
    - f) Kontrol P.T.O.

SAFETY:

Apabila bekerja disekitar rangkaian hidrolik, keselamatan diri anda sendiri dan orang lain adalah merupakan petimbangan pertama. Saran-saran yang dianjurkan dalam bagian ini adalah merupakan tindakan pencegahan umum yang selalu diamati pada saat mengerjakan sistem hidrolik.

1. Selalu menurunkan unit pekerjaan hidrolik ke tanah sebelum meninggalkan kendaraan.

2. Parkir kendaraan mesin di atas tanah datar dan gunakan rem bila memungkinkan.

3. Pasang tanda safety dan/atau kunci unit pekerjaan pada saat anda harus bekerja pada sistem yang sementara dinaikkan. Jangan bersandarkan pada pengangkatan melalui hidrolik untuk menopang unit.

4. Jangan pernah mengservis sistem hidrolik pada saat sementara engine dalam keadaan hidup kecuali jika sangat diperlukan, sebagaimana pada saat membuang aliran sistem.

5. Jangan pernah membongkar silinder sampai unit yang akan dikerjakan berada diatas tanah atau diganjal dengan aman. Pastikan bahwa engine dalam keadaan mati.

6. Pada saat mengangkut mesin, kunci stop silinder untuk menahan unit pekerjaan dengan kuat.

7. Jangan pernah memeriksa kebocoran dengan menggunakan tangan atau jari-jari anda. Tekanan tinggi dapat menyebabkan terjadinya luka.

8. Sebelum memutuskan selang oli, lepas semua tekanan hidrolik dan buang akumulator (jika digunakan).

9. Pastikan bahwa semua sambungan kencang dan pipa serta selang tidak rusak.

Pembuangan oli dibawah tekanan dapat menimbulkan bahaya kebakaran dan dapat menyebabkan cedera..

10. Pompa-pompa hidrolik dan katup kontrol adalah berat. Sebelum dilakukan pembongkaran, persiapkan alat penopang mis. chain hoist, dongkrat atau pengganjal.

11. Untuk memastikan pengontrolan unit, jaga agar hidrolik penyetelannya tepat.

Pemeliharaan Sistem Hidrolik

Pemeliharaan pada sistem hidrolik sangatlah penting, sebab hal ini akan sangat menentukan umur operasionil setiap komponen, akan tetapi pada pemeliharaan sistem hidrolik ini biasanya terletak pada fluida, valve-valve pengaman; piston; motor dan sebagainya.

Pada pemeliharaan fluida sangat tergantung pada kondisi olinya, penggantian oli diusahakan setelah jam pemakaian tertentu dan jangan sampai menunggu beberapa bulan, sebab dalam hal ini setiap kali sistem fluida dipakai sudah barang tentu olinya akan menjadi kotor (terkontaminasi), baik oleh partikel-partikel dari luar (debu, kotoran, serpihan karet, dll), maupun kotoran dari dalam (karena gesekan).

Untuk itu oli harus disimpan pada Resevoir yang tertutup dan tempat yang bersih, jika kita ingin membersihkan dan mengisi oli kembali kedalam reservoir sebaiknya digunakan corong yang bersih serta saringan yang halus. Hal ini untuk mencegah agar partikel-partikel zat penambah dan endapan lumpur tidak ikut masuk kedalam reservoir tersebut.

Berikut ini grafik hubungan antara kekentalan fluida dan tekanan kerja dan temperatur

operasi yang dianjurkan .

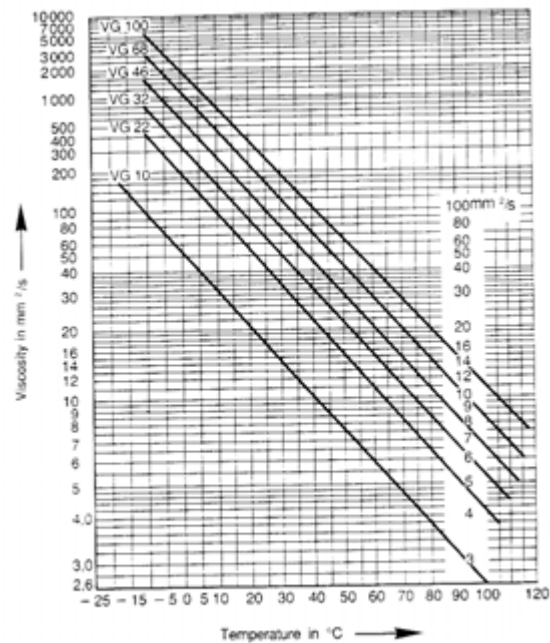
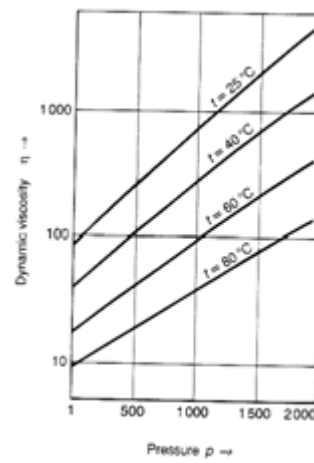



Diagram 4: *Viscosity-temperature diagram*

Pemeliharaan Filter

Seperti kita ketahui fungsi filter adalah untuk menyaring kotoran-kotoran, endapan lumpur, dan lain-lain agar tidak ikut masuk kedalam sistem hidrolik. Karena kapasitas filter sangat terbatas maka filter ini hanya mampu menjaga kualitas oli yang sebenarnya untuk waktu tertentu, untuk itu usahakan sesering mungkin untuk membersihkan filter dengan cara mengeluarkan filter lalu dicuci menggunakan cairan tertentu, kemudian disemprotkan udara, dengan tujuan agar partikel-partikel yang tidak larut dalam cairan dapat keluar dengan bantuan tekanan udara.
Selain itu juga pada saat pemasangan filter harus diperhatikan cara pemasangan sealnya, dimana seal juga harus tepat pada tempatnya sehingga dihasilkan penyaringan yang maksimum.
Apabila mesin tidak mempunyai indicator saringan sumbat (filter tersumbat), harap diperhatikan interval pemeliharaan yang ditunjukkan pada petunjuk pemakaian

Pemeliharaan Katup dan perbaikannya

Valve pada umumnya tidak menggunakan packing, hal ini disebabkan karena kebocorannya kecil. Akan tetapi karena fluida yang mengalir pada sistem hidrolik selalu diikuti oleh sejumlah kotoran, serabut, karat, dan lain-lain, maka lambat laun lubang-lubang valve ini akan tersumbat, tergores atau bahkan bocor. Jika hal ini sampai terjadi , akan menyebabkan tekanan fluida menjadi turun (drop).
Untuk itu fluida hidrolik harus benar-benar diperhatikan dengan seksama dan cara pengoperasian haruslah hati-hati.

Cara perbaikan valve hidrolik dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Putuskan hubungannya dengan sumber daya listrik, sebelum melepas komponen valve hidrolik. Untuk mencegah hubungan singkat.
- Sebelum membongkar komponen valve hidrolik, sebaiknya tuas kontrolnya digerakkan kesegala arah agar tekanan sisa yang ada di dalam valve dapat terbebas.
- Selama pembongkaran sebaiknya menandai bagian-bagiannya yang berguna untuk memudahkan dalam pemasangan jangan sampai menukar-nukar spool valve ke badan valve yang lain walaupun sejenis, hal ini untuk menghindari kesalahan pemasangan dan usahakan urutan pembongkaran berkebalikan urutan pemasangan.

  Apabila melakukan penjepitan valve pada ragum sebaiknya menggunakan pelindung (alas) yang terbuat dari aluminium, kuningan, untuk menghindari luka pada valve yang sedang dijepit atau bisa juga valve tersebut dibungkus dulu dengan bahan-bahan lunak.

- Seluruh rumah valve yang terbuka harus disekat atau ditutup ketika komponen-komponennya dilepas dan diperbaiki hal ini untuk menghindari masuknya kotoran.
- Cuci seluruh komponen valve dengan larutan pembersih, sampai kotoran yang ada didalam komponen tersebut benar-benar bersih, kemudian keringkan dengan menyemprotkan udara bertekanan lalu dibersihkan dengan menggunakan kain lap yang lunak dan bersih.
- Setelah bagian-bagian valve dibersihkan dan dikeringkan kemudian segera dilapisi dengan oli hidrolik anti karat, kemudian dipasang kembali.
- Periksa kerenggangan pegas valve dengan menggunakan penguji keregangan valve (fuller), jika valve sudah aus dan lemah sebaiknya diganti saja.

Pemeliharaan Silinder Hidrolik

Seperti yang pernah diterangkan pada bab sebelumnya, konstruksi silinder hidrolik sangat kuat, untuk mengetahui gangguan penyebab kerusakan silinder adalah terletak di seal dan pasak. Pada dasarnya terdapat 2 (dua) penyebab kerusakan yaitu kebocoran dalam dan kebocoran luar.

Kebocoran luar : jika tutup ujung silinder bocor, sebaiknya dikencangkan pengikat tutupnya. Apabila masih gagal untuk menghentikan kebocoran sebaiknya ganti gasket dan sealnya.
Jika kebocoran silinder disekeliling batang piston maka seal dan gasketnya langsung ganti saja. Apabila hal ini sudah anda lakukan tetapi masih bocor maka periksalah

a) Penyangga, sebab mungkin saja pasak dan baut-bautnya masih longgar (kurang kencang).
b) Batang piston, kemungkinan pemasangan batang piston tidak segaris atau mungkin batang piston terbebani pada satu sisi saja.
c) Pelumasan, kemungkinan kekurangan pelumas pada batang piston, hal ini dapat menimbulkan packing batang piston tergores dan terkikis akibatnya langkah silinder jadi tidak menentu.
d) Kotoran-kotoran pada batang piston atau torak, hal ini disebabkan pada saat batang piston memanjang maka dapat tertempel oleh debu atau kotoran yang lain, kemudian pada saat mundur membawa kotoran-kotoran yang merusak packing batang piston.
e) Cacat pada batang piston, hal ini disebabkan batang piston yang tidak terlindung dapat terkena oleh benturan-benturan benda keras.

Kebocoran Dalam : Kebocoran bisa melewati seal-seal piston didalam silinder dapat menimbulkan gerakan-gerakan yang lemah dan lamban. Kebocoran piston dapat disebabkan oleh keausan seal atau cincin piston, atau goresan – goresan.

Sebagian besar penyebab kerusakan pompa adalah kurangnya pemeliharaan, penggunaan oli yang kotor, pompa sudah melewati batas operasional, perbaikan (repair) yang jelek, dan lain-lain. Apabila kerusakan pompa disebabkan oleh kurangnya pemeliharaan , berikut ini cara pemeliharaannya.

1. Operasikan pompa sesuai dengan batas yang disarankan oleh pabrik pembuatnya.
2. Pasanglah pompa dengan dudukan yang kuat, agar tidak timbul getaran.
3. Selama pengoperasian periksalah pompanya, apakah panas yang timbul cukup tinggi atau tidak
4. Gunakan jenis minyak hidrolik yang sesuai , dan gantilah minyak tersebut secara periodik, jika tidak hal ini dapat menyebabkan panas yang tinggi.
5. Gunakan jenis (type) filter yang sesuai, agar partikel-partikel yang berukuran kecil mampu tersaring, sehingga kotoran tidak ikut masuk kedalam sistem hidrolik (termasuk pompa).
6. Usahakan seluruh oli masuk ke dalam pompa, agar tidak terjadi kavitasi, dengan cara mengatur ketinggian permukaan oli dengan saluran masuk pompa.
7. Periksa saluran yang akan masuk kedalam pompa, apakah tersumbat atau tidak, sebab jika tersumbat akan menyebabkan udara masuk ke dalam sistem yang menimbulkan fluida berbuih.

Akan tetapi sebelum membongkar pompa tersebut sebaiknya dicari dulu penyebabnya, dan bagaimana cara pemeriksaannya.
Catatan: setiap memasang kembali pompa ke sistem hidrolik, pompa harus di-prime, yaitu mengisikan pompa dengan oli, dengan tujuan utama untuk lubrikasi dan meningkatkan tingkat pengisapannya.

Pompa yang berisik

Penyebab	Pemeriksaan
1. Kebocoran udara ke dalam sistem	• Periksa semua sambungan pada sistem hidrolik, apakah ada tekanan atau tidak. • Tuangkan oli diatas sambungannya, jika pompa berhenti berisik maka bagian tersebut yang bocor.
2. Bagian-bagian pompa aus atau kendor	• Kencangkan semua baut atau mur sampai benar-benar kencang • Cek semua seal (gasket) apakah masih dapat digunakan atau sudah mati, jika sudah mati ganti dengan baru.
3. Kavitasi	• Cek apakah ada saluran pompa yang tersumbat • Cek apakah fluida oli terlalu kental
4. Pompa berputar terlalu cepat /pompa berputar terlalu lambat	• Apakah putaran pompa sudah sesuai dengan yang dianjurkan dengan menggunakan tachometer.

Pemeliharaan valve

Apabila pada pompa hidrolik sudah benar-benar yakin tidak ada masalah, maka yang perlu diperhatikan adalah valve, sebab valve ini dapat menurunkan kinerja dari sistem hidrolik.
Adapun cara pemeliharaan adalah sebagai berikut :

1. Periksalah setting tekanan pada valve, sebab jika terlalu rendah akan menyebabkan fluida yang berasal dari pompa melalui valve / katup ini akan dikembalikan lagi ke tangki tanpa akan menuju ke elemen penggerak (Aktuator).
2. Bersihkan komponen-komponen valve tersebut menggunakan zat pembersih, sebab jika tidak dibersihkan maka pada valve tersebut akan terdapat endapan kotoran yang dapat memacetkan gerakan valve tersebut.
3. Setelah semua komponen valve terpasang, cobalah memeriksa posisi valve, sebab mungkin saja salah memasangnya misalnya saja valve pengarah posisi tengah membuka tanpa sengaja di setel pada posisi netral, maka akibatnya oli akan mengalir kembali ke tangki tanpa ada tekanan yang cukup untuk menggerakkan elemen yang lain.
4. Simpanlah valve tersebut pada tempat yang aman (lemari) agar terhindar dari kotoran (debu) sekeliling.

D. Rangkuman

Kesimpulan

1. Sebelum mengoperasikan sistem hidrolik sebaiknya pompa dipanaskan terlebih dahulu untuk beberapa saat.
2. Perawatan hidrolik ada 2 jenis, yaitu maintenance preventive (perawatan sebelum rusak) dan maintenance Curative (perawatan setelah rusak)
3. Pada sistem hidrolik ada 4 (empat) jenis pipa yang digunakan, yaitu :
   a. Pipa
   b. Hose (pipa fleksibel)
   c. Tube
   d. Fittings / threads
4. Sistem pemeliharaan dan pemeriksaan filter sebaiknya dilakukan sesering mungkin, hal ini untuk menghindari kotoran-kotoran agar tidak ikut masuk ke sistem hidrolik.
5. Sebaiknya urutan cara pemasangan kembali sistem hidrolik berkebalikan dengan urutan pembongkaran, hal ini akan memudahkan pekerjaan.
6. Selama proses perbaikan suatu komponen sebaiknya dicuci dengan menggunakan larutan tertentu, setelah itu dibersihkan (di lap) dan diolesi minyak agar tidak berkarat.
7. Untuk mengecek mengapa sistem hidrolik tidak jalan (tidak bekerja) sebaiknya diurut mulai dari catu daya sampai aktuator.

E. Evaluasi

Soal-soal latihan

Cobalah jawab soal-soal dibawah ini tanpa melihat materi pelajaran dalam modul. Apabila anda mendapat kesulitan dengan pertanyaan ini, ulangi materi pelajaran dan coba jawab lagi.

Setelah selesai menjawab soal-soal, periksa jawaban anda dengan menggunakan petunjuk kunci jawaban pada halaman berikutnya.

1. Kira-kira berapa prosentase kerusakan hidrolik jika terjadi kontaminasi?

2. Jenis fit apa yang harus dimiliki oleh kopling penggerak pada saat dipasang pada pompa hidrolik?

3. Selama pengangkutan, untuk mencegah kerusakan silinder, maka silinder harus _______________?

Soal-soal latihan

1. Hose berfungsi sebagai ....
2. Sebutkan 4 (empat) penyebab pompa berisik
   a. ....
   b. ....
   c. ....
   d. ....

3. Mengapa pompa hidrolik perlu dipanaskan terlebih dahulu sebelum dioperasikan, jelaskan ....

1. Maintenance (pemeliharaan) ada 2 jenis, yaitu dengan cara…………….dan……… ....

2. Urutan pemasangan diusahakan berkebalikan dengan urutan pembongkaran, hal ini disebabkan ....

3. Jika pada saat sistem hidrolik bekerja, tiba-tiba pompa hidrolik panas, tindakan apa yang pertama-tama anda lakukan ?

4. Jelaskan cara pemasangan hose yang benar ?
   ....
   ....
   ....

5. Pemasangan pipa hidrolik yang berbelok-belok, diperlukan agar

6. Jelaskan cara memeriksa sistem hidrolik yang benar ? ....

10. Mengapa sebelum komponen hidrolik dipasang perlu dilihat dulu simbol komponennya ?

BAB 3 Pelepasan dan Pemasangan Komponen Sistem Hidrolik

F. Deskripsi

Pembelajaran memahami pelepasan dan pemasangan komponen sistem hidrolik pada unit alat berat adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran Power Train dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Melepas dan Memasang Komponen Sistem Hidrolik yang didalamnya akan dibahas mengenai :

A. Tujuan pelepasan dan pemasangan komponen
B. Perencanaan pelepasan dan pemasangan komponen
C. Melepas dan memasang tangki hidrolik
D. Melepas dan memasang silinder hidrolik
E. Melepas dan memasang filter oli hidrolik
F. Membongkar dan merakit pompa hidrolik tipe *gear*
G. Membongkar dan merakit pompa hidrolik tipe *vane*
H. Membongkar dan merakit pompa hidrolik tipe *piston*
I. Membongkar dan merakit silinder hidrolik
J. Membongkar dan merakit katup hidrolik

G. Tujuan Pembelajaran

1. Mampu menjelaskan proses pelepasan dan pemasangan komponen sistem hidrolik pada unit alat berat

2. Mampu mendemonstrasikan proses pelepasan dan pemasangan komponen sistem hidrolik pada unit alat berat

H. Uraian Materi

A. Tujuan Pelepasan Dan Pemasangan Komponen

MASA LALU

Metode pelepasan dan pemasangan komponen pada mesin-mesin alat berat pada masa awal masih sangat sederhana. Saat itu peralatan khusus yang digunakan atau prosedur bakunya masih sangat sedikit.

"Tujuan melepas dan memasang komponen adalah untuk melepas komponen secepatnya, memperbaiki seperlunya dan memasangnya kembali agar mesin tersebut bisa segera dipakai lagi."

Peralatan utama pelepasan dan pemasangan komponen terdiri dari kunci pas ujung terbuka, palu dan batang pengungkit serta rantai.

Pentingnya faktor kebersihan dalam proses perbaikan alat berat jarang sekali mendapat perhatian. Penetapan dan perbaikan sumber penyebab kerusakan merupakan konsep yang belum dikenal. Petunjuk dan prosedur perbaikan diberikan secara singkat dan sederhana.

Perbaikan besar seringkali dilakukan tanpa membongkar komponen dari mesin. Buku pedoman perbaikan pada jaman dulu berisi penjelasan prosedur-prosedur servis yang dilakukan dalam kondisi ideal saat itu. Sehingga tingkat keparahan kontaminasi dan kerusakan yang sebe perbaikan tidak bisa diketahui pasti.

Gambar 3.1 Mesin jaman dulu

Di penghujung tahun 1950-an, mesin alat berat maupun prosedur perbaikannya sudah jauh lebih kompleks dan canggih. Teknologi mesin yang maju pesat membuat buku panduan, pelatihan dan peralatan semakin berkualitas. Dengan kemajuan ini, komponen-komponen yang lebih kompleks bisa diperbaiki dengan cepat dan efektif. Namun, fokus utamanya masih tetap pada bagaimana melakukan perbaikan secepat mungkin untuk meminimalkan waktu dan agar mesin bisa segera dioperasikan lagi. Usaha memperbaiki komponen pelepasan dan pemasangan, mencari sumber penyebab kerusakan komponen atau memperpanjang usia pakai tidak banyak mendapatkan perhatian.

Gambar 3.2 Mesin yang lebih modern

MASA KINI

Industri pertambangan berperan besar dalam perubahan fokus perbaikan mesin, dari pengurangan waktu istirahat menjadi pengurangan biaya operasi. Pengurangan biaya produksi merupakan langkah yang harus dilakukan agar bisa bertahan dalam bisnis yang persaingannya sangat ketat. Karena mesin-mesin produksi merupakan komponen terbesar dari investasi modal, maka pemanfaatannya harus dimaksimalkan dan biaya per ton-nya harus ditekan. Ketersediaan mesin adalah faktor penting yang menentukan kinerja, namun yang tak harus kalah pentingya adalah mengatur biaya daur hidup komponen utama agar biaya per ton bisa optimal.

PENTINGNYA PROSES PELEPASAN DAN PEMASANGAN

Sebanyak 80% armada produksi terdiri dari truk tambang. Banyak diantaranya yang beroperasi hampir terus-menerus, sampai 6000 jam atau lebih per tahun, dan dipakai sampai usia pakainya habis di satu lokasi. Untuk mengoptimalkan investasi modal besar guna membeli mesin/unit, usia ekonominya harus diperpanjang hingga 10 tahun atau lebih. Ini sama dengan 60.000 jam atau lebih dari usia produktifnya.

Faktor-faktor kunci yang mempengaruhi biaya daur hidup komponen-komponen meliputi:

1. Usia Komponen

   Usia komponen rata-rata menentukan berapa kali harus dilakukan perbaikan menyeluruh (*overhaul*) atau penggantian selama usia produktif (ekonomi) mesin. Penggantian ini meliputi penggantian komponen aus, rusak, atau penggantian terjadwal. Faktor-faktor kunci dalam usia komponen meliputi tingkat beban aplikasi dan metode perawatan komponen.

   Contoh : *hose* yang retak karena usia

Gambar 3.3 Getas/rapuh pada *hose*

2. Kualitas Rekondisi Komponen

   Membangun ulang komponen-komponen utama merupakan proses yang kompleks dan rumit. Proses bangun ulang komponen harus dilaksanakan

dengan seksama agar usia pakai komponen yang diproduksi bisa maksimum.

Prosedur-prosedur berikut ini mengalami kemajuan signifikan sebagai upaya berkelanjutan meningkatkan kualitas komponen bangn ulang:

- Proses dan prosedur bangun ulang
- Pengendalian kontaminasi
- Kebersihan bengkel
- Prosedur pengujian kinerja

Gambar 3.4 *Workshop* yang bersih

3. Biaya Pembangunan Ulang Komponen

Biaya penggantian suku cadang dan biaya tenaga kerja menentukan biaya langsung perbaikan menyeluruh komponen.

4. Penggantian Komponen

Kemampuan menggunakan kembali suku cadang mahal selama daur perbaikan menyeluruh menentukan kapan komponen tersebut tidak lagi bernilai ekonomis untuk direkondisi, dan kapan komponen tersebut harus diganti dengan yang baru atau dengan komponen remanufaktur.

Gambar 3.5 Pompa baru (kiri) dan remanufaktur (kanan)

5. Pelepasan dan Pemasangan Komponen

Gambar 3.6 Pekerjaan yang tepat dilakukan oleh teknisi pabrik yang terlatih

Metode yang keliru dalam melepas dan memasang komponen merupakan penyebab utama tingginya biaya komponen yang sering kali dilupakan. Proses pelepasan dan pemasangan komponen yang salah seringkali mengakibatkan komponen aus atau rusak sebelum waktunya. Kelemahan dalam teknologi membangun ulang komponen terletak pada kualitas proses dan prosedur yang digunakan dalam pelepasan dan pemasangan komponen dari mesin/unit. Proses pelepasan dan pemasangan komponen merupakan langkah penting yang seringkali kurang diperhatikan.

Proses pelepasan dan pemasangan komponen yang salah bisa membuang waktu, biaya, dan usaha yang dicurahkan untuk membangun ulang komponen berkualitas tinggi menjadi tidak ada artinya. Berdasarkan pengalaman, prosedur pelepasan dan pemasangan yang buruk menjadi penyebab utama kerusakan komponen sebelum waktunya dan pendeknya usia pakai komponen. Menerapkan prosedur pemasangan dan pelepasan yang baik sangat penting bagi usia pakai komponen dan bisa mengurangi biaya.

MACAM-MACAM KERUSAKAN

Penggantian komponen biasanya dikarenakan adanya kerusakan. Kerusakan komponen tersebut terbagi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Kerusakan jangka pendek

   Biasanya disebabkan oleh cacat produk atau suku cadang dalam proses bangun ulang komponen, atau oleh pelepasan dan pemasangan komponen yang tidak benar.

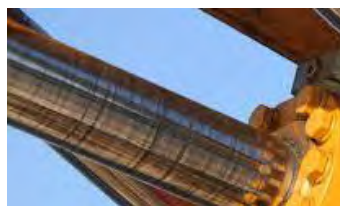
2. Kerusakan jangka menengah

   Sering disebabkan oleh aplikasi yang berat, prosedur perawatan yang buruk, atau gabungan keduanya.

3. Kerusakan jangka panjang

   Penggantian jangka panjang biasanya terjadi karena keausan normal atau memang dilaksanakan penggantian komponen yang sudah dijadwalkan. Pada kasus ini, komponen diganti sebelum rusak.

OBSERVASI

Temukan macam-macam kerusakan pada sebuah mesin/unit yang berkaitan dengan sistem hidrolik. Contoh kerusakannya misalnya pada gambar di bawah ini:

Jika sudah menemukan, tulislah apapun yang ada dalam pikiran anda.

Jika membutuhkan referensi, silahkan anda mencari tahu dari berbagai sumber untuk mempermudah anda dalam menuliskan

B. Perencanaan Pelepasan Dan Pemasangan Komponen

PELEPASAN KOMPONEN

Bila komponen yang baru dipasang bermasalah atau rusak, penyebabnya seringkali bersumber dari tahap pelepasan saat proses perbaikan. Ada dua penyebab utama, yaitu:

1. Perbaikan mendesak

   Dalam perbaikan yang dilakukan terburu-buru agar alat berat bisa segera digunakan bekerja kembali, sumber penyebab kerusakan biasanya tidak sempat dikenali dan diatasi.

2. Kemudahan perbaikan

   Kadang, kemudahan penggantian komponen bisa memperlambat perbaikan. Beberapa komponen mudah dijangkau dan relatif gampang dilepas dan dipasang. Misalnya pompa hidrolik. Komponen pengganti bisa dilepas dan dipasang dengan mudah tanpa memeriksa keberadaan serpihan dan kontaminasi. Kontaminasi merupakan penyebab utama keausan dan kerusakan komponen sebelum waktunya.

Berikut ini adalah langkah-langkah kunci dalam pelepasan komponen, yaitu:

1. Catat pelepasan komponen

Pastikan untuk mencatat informasi penting tentang pelepasan komponen untuk dijadikan rujukan selanjutnya. Informasi ini sangat penting untuk membantu mengetahui penyebab penggantian komponen di masa mendatang, dan tingkat kerusakan yang bisa terjadi, kontaminasi sistem, dan tingkat pembersihan sistem yang dibutuhkan. Yang perlu dicatat adalah:

- Tanggal perbaikan

- Nomor seri mesin dan jangka waktu penggunaan mesin

Gambar 3.7 Nomor seri mesin

- Nomor seri komponen (jika ada)
- Jangka waktu penggunaan komponen
- periksa riwayat perbaikan komponen / catatan analisis oli

2. Sebutkan penyebab penggantian komponen

Penyebab penggantian komponen biasanya dimasukkan dalam beberapa kategori berikut ini:

- Kerusakan

  Perbaikan tak terduga karena komponen rusak atau kinerjanya sangat buruk. Ini sering mengakibatkan serpihan komponen yang rusak mengotori sistem mesin. Jika terjadi kerusakan, sumber penyebabnya harus dicari dan diatasi.

- Aus

  Komponen sudah habis masa pakainya karena aus. Kinerja sistem mesin makin lama makin turun sampai pada titik dimana harus dilakukan penggantian komponen

- *Planned Component Replacement (PCR)*

  Jangka waktu PCR diketahui sehingga komponen bisa diganti sebelum rusak

3. Periksa sistem mesin dari serpihan dan kontaminasi

Filter, strainer dan *magnetic drain plug dalam* mesin harus selalu diperiksa untuk memastikan tidak ada serpihan di dalamnya dan memperkirakan tingkat kontaminasi sistem mesin. Langkah ini penting untuk membantu menentukan sejauh mana sistem mesin perlu dibersihkan mencegah kerusakan di kemudian hari.

Gambar 3.8 *Magnetic drain plug*

4. Jaga kebersihan sistem

Saat melepaskan komponen, ruang mesin dan semua selang (*hose*) harus disekat atau diberi tutup (*plug*) agar sistem mesin tidak kemasukan kontaminasi dari luar.

Gambar 3.9 Menutup lubang pada mesin

5. Jadwalkan untuk memperbaiki atau membangun ulang sistem-sistem terkait

Sub-sistem komponen-komponen utama seringkali terkontaminasi atau tidak seawet daur hidup komponen utama bila tidak diperbaiki atau dibangun ulang. Bila sub-sitem tidak direkondisi dengan benar bersamaan

dengan saat komponen utama dibangun ulang, komponen utama biasanya akan aus atau rusak sebelum waktunya.

PEMASANGAN KOMPONEN

Keberhasilan penggantian komponen tidak hanya ditentukan oleh pemasangan komponennya. Agar usia pakai komponen bisa sempurna, langkah perbaikan harus direncanakan dan dirancang dengan tepat. Berikut adalah langkah-langkah kunci dalam pemasangan komponen, yaitu:

1. Pastikan untuk mengenali dan memperbaiki sumber penyebab kerusakan

Gambar 3.10 Mengamati dan mencatat

Kegagalan mengenali dan memperbaiki sumber penyebab kerusakan merupakan penyebab utama kerusakan komponen sebelum waktunya. Mencatat alasan perbaikan dalam catatan riwayat mesin sangat penting sebagai bahan rujukan selanjutnya.

2. Rancang dan gunakan kit suku cadang standar untuk semua pemasangan komponen

Sebelum melakukan pemasangan, semua suku cadang dan peralatan yang dibutuhkan untuk mamasang komponen dan memperbaiki sub-sistem harus sudah siap. Menunggu ketersediaan suku cadang bisa memperlambat pemasangan dan memperbesar kemungkinan terjadinya kesalahan yang merugikan. Menggunakan prosedur

Gambar 3.11 Hidrolik kit standar

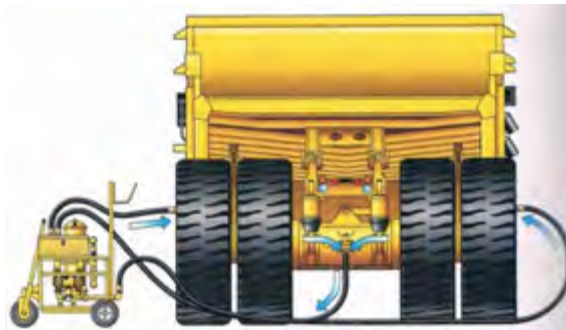
pemasangan yang tepat dan kit suku cadang standar untuk mengganti komponen bisa memperkecil terjadinya kesalahan.

3. Bersihkan sistem yang tekontaminasi

Membersihkan mesin dari serpihan keausan atau kerusakan merupakan langkah yang sangat penting demi keberhasilan perbaikan. Tetapi yang paling sulit dalam proses perbaikan adalah menentukan tingkat keberhasilan yang diperlukan. Tidak ada jawaban atau saran pasti untuk kebersihan sistem dan tingkat kerusakan yang begitu beragam. Keputusan yang diambil harus didasarkan pada banyaknya kontaminasi dalam sistem, pengalaman, dan tingkat resiko terjadinya kerusakan kembali. Setiap tindakan pembersihan sistem memiliki tingkat resiko sendiri.

Tingkat resiko dasar tersebut meliputi:

- Resiko terkecil

  Gunakan filtrasi *off-board*, bersihkan filter dan pembongkaran serta pembersihan sistem secara menyeluruh.

Gambar 3.12 Filtrasi *off-board*

- Resiko sedang

  Gunakan filtrasi *off-board*, bersihkan filter dan pembongkaran serta pembersihan sistem sebagian

  .

- Resiko tinggi

  Gunakan filtrasi *off-board* (siklus pembersihan) dan filter pembersih efisiensi tinggi unruk membersihkan minyak dari serpihan, baik sebelum

maupun setelah pemasangan. Komponen sistem tidak perlu dibongkar dan dibersihkan.

- Resiko terbesar
  Sistem tidak perlu dibersihkan atau dibongkar. Pasang komponen baru, oli dan filter baru, dan mesin bisa segera digunakan lagi.

4. Pasang dan uji komponennya

Pasanglah komponen dengan menggunakan prosedur pemasangan dan kit suku cadang pemasangan yang tersedia. Uji kinerja komponen dan catat tekanan atau spesifikasi kinerja dalam catatan riwayat mesin untuk dijadikan rujukan selanjutnya. Gunakan terus filtrasi *off-board* dan filter pembersihan untuk semua komponen powertrain dan hidrolik E(kecuali engine) sampai kadar kebersihan oli sitem mancapai atau melampaui ISO 18/15. Mesin siap dioperasikan kembali. Periksalah kebocorannya setelah mesin beroperasi selama 8 jam. Periksa lagi kebocorannya setelah mesin beroperasi selama 24 jam atau ambil contoh olinya untuk mencari tahu keparahan tingkat keausan logam.

Gambar 3.13 Menguji pompa hidrolik

PENYEDERHANAAN PROSES PELEPASAN DAN PEMASANGAN

Secara garis besar, sebelum melepas dan memasang komponen , terlebih dahulu harus mengamati hal-hal berikut ini:

1. Tipe/jenis mesin (komponen)
2. Komponen-komponen lain yang terpasang pada mesin tersebut
3. Keperluan peralatan dan bahan
4. Area kerja yang aman
5. Keperluan buku manual

Pengamatan dengan cermat sesungguhnya dapat membantu kelancaran pekerjaan anda, dan sebaliknya kecerobohan dan pengamatan yang selintas akan merepotkan anda dalam pekerjaan.

Dalam melepas dan memasang komponen dituntut suatu ketelitian bekerja untuk menghindari kesalahan fatal dan kerusakan komponen atau kerusakan peralatan yang digunakan. Melakukan pekerjaan secara sistematis (tidak diacak) sangat disarankan dalam melepas komponen-komponen sistem hidrolik, selanjutnya komponen ditempatkan secara berkelompok pada suatu wadah.

Oleh karena itu, diharapkan anda dapat mengelola pekerjaan sehingga efisien, hal ini sangat penting mengingat seluruh pekerjaan anda dibatasi oleh waktu yang disediakan. Selain itu pekerjaan anda juga harus berorientasi bahwa komponen dilepaskan dan dipasang tanpa mengakibatkan kerusakan pada komponen itu sendiri dan komponen lainnya.

Pada pekerjaan melepas dan memasang komponen sistem hidrolik, juga dilakukan pembersihan komponen dengan benar dan terbebas dari segala zat (*contaminant*) yang dapat menyebabkan kerusakan komponen di kemudian hari.

CONTOH KEKELIRUAN PROSES PELEPASAN DAN PEMASANGAN

Hydraulic Pump Track Type Tractor (D11)

Kasus :

Pompa hidrolik rusak hingga tiga kali dalam 30 hari.

Hasil pemeriksaan :

Setelah dilakukan pemeriksaan setelah kerusakan ketiga, ternyata sistem terkontaminasi parah oleh serpihan-serpihan dan kotoran logam

Penyebab kerusakan :

Cacat proses pelepasan dan pemasangan, yaitu:

- Tidak dilakukan analisis kerusakan
- Keberadaan serpihan dalam sistem tidak diperiksa
- Kontaminasi dalam sistem tidak dibersihkan
- Tidak ada daftar cek atau proses pelepasan dan pemasangan standar

OBSERVASI

Carilah macam-macam contoh kasus kerusakan yang terjadi pada komponen/mesin yang berhubungan dengan sistem hidrolik alat berat sebagai akibat dari kesalahan pelepasan dan pemasangan komponen.

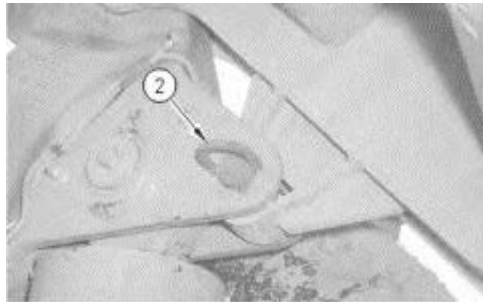
Silahkan anda mencari tahu dari berbagai sumber untuk mempermudah tugas anda.

C. Melepas Dan Memasang Tangki Hidrolik

Didalam buku ini akan dibahas tentang cara melepas dan memasang tangki hidrolik untuk sistem kemudi pada mesin **777D Off Highway Truck** dengan serial number prefix **AGC** dari pabrikan **Caterpillar**.

Melepas Tangki Hidrolik

Dimulai dengan:

Pasanglah *body retaining pin* dengan cara menaikkan *dump body*. Kemudian masukkan *body retaining pin* pada tempatnya, yaitu pada sisi kiri dan kanan mesin.

Gambar 3.14 Pin penahan *dump body*

PERINGATAN !

Pada suhu operasi, tangki hidrolik bersifat panas dan di bawah tekanan. Oli yang panas dapat menyebabkan luka bakar.

Untuk mencegah kemungkinan terjadinya cedera, lepaskanlah tekanan dalam sistem kemudi sebelum saluran atau komponen hidrolik dilepas.

Lepaskan tutup tangki pengisian oli ketika mesin dimatikan dan tutupnya cukup dingin untuk dipegang dengan tangan telanjang.

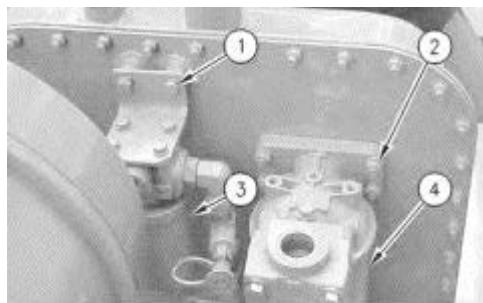
PERHATIAN !

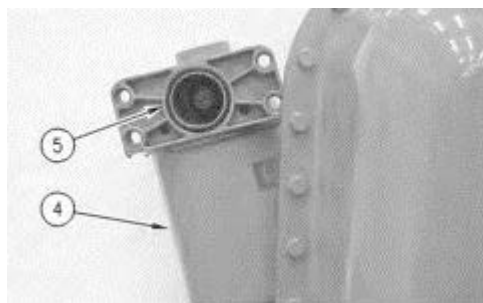
Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

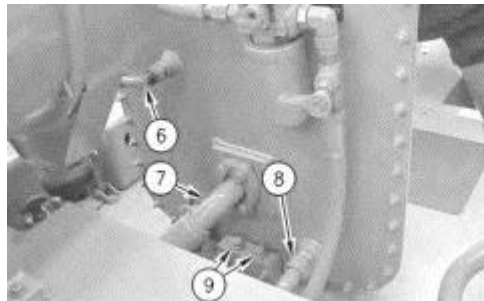
Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

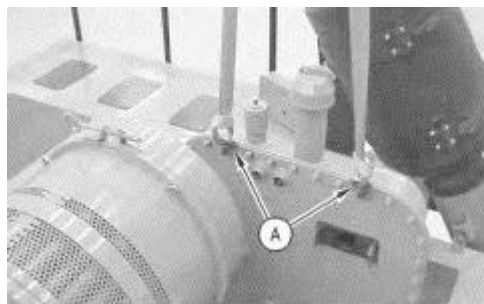
Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

Catatan: Pasang *cap* dan *plug* pada semua saluran yang terbuka untuk mecegah debu atau kotoran lainnya masuk ke dalam sistem. Kebersihan merupakan faktor yang sangat penting dalam perbaikan. Oleh karena itu, sebelum melaksanakan proses pelepasan, area di sekitar komponen harus bersih agar tidak ada *contaminant* yang masuk ke dalam sistem.

1. Tekanlah *breaker relief valve* dengan perlahan-lahan untuk membebaskan tekanan di dalam *steering tank*. *Breaker relief valve* terletak di bagian atas *steering tank.*
2. Kuraslah oli hidrolik di dalam *steering tank* ke dalam wadah yang sesuai untuk menyimpan atau untuk membuangnya apabila tidak dipakai lagi. Kapasitas pengisian dari tangki kemudi adalah 40 liter (11 US galon). Lihatlah pada "*Operation Maintenance Manual*" untuk mengetahui informasi yang pasti tentang penggantian oli pada sistem kemudi.
3. Lepas dua *bolt* (1) dan *washer*. Lepas *hydraulic filter assembly* (3) dari *sterring tank.*

Gambar 3.15 Langkah 3 dan 4

4. Lepas empat *locknut* (2) dan *washer*. Lepas *oil filter assembly* (4) dari *steering tank.*
5. Lepas *O-ring seal* (5) dari *oil filter assembly* (4).

Gambar 3.16 Langkah 5

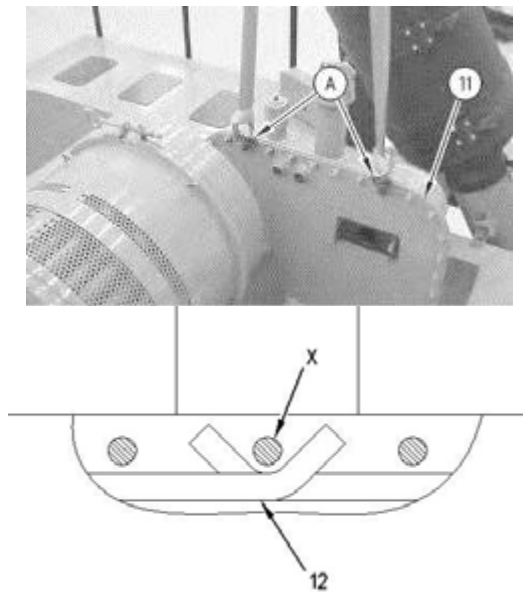
6. Lepas *hose assembly* (6), *hose assembly* (7), dan *hose assembly* (8) dari *steering tank*.

Gambar 3.17 Langkah 6 dan 7

7. Lepas dua *bolt* (9) dan *washer*.
8. Pasang *link bracket* (A) pada *steering tank*. Pasang *flat webbing sling* yang sesuai (lihat berapa kapasitas maksimal bebannnya) pada *link bracket* dan alat angkat. Misalnya menggunakan *overhead crane* atau alat angkat lainnya.

Gambar 3.18 Langkah 8

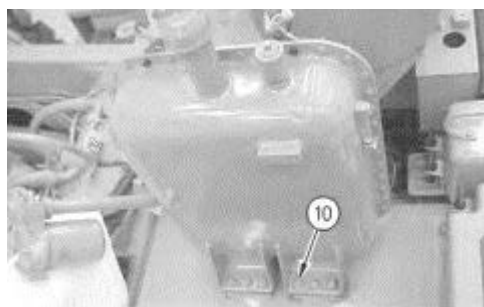
9. Lepas enam *bolt* (10) dan *washer*. Lepas *steering tank*

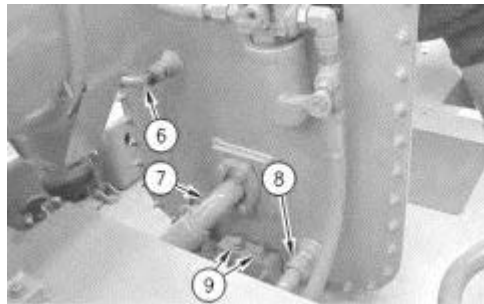
Memasang Tangki Hidrolik

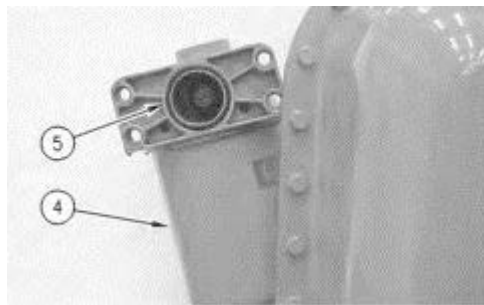
Catatan: Periksa semua *O-ring seal* dan komponen dari keausan atau kerusakan. Gantilah komponen jika memungkinkan. Berilah sedikit pelumasan pada semua *O-ring seal* dengan pelumas yang sesuai untuk kesempurnaan penyekatan pada saat dipasang. Bersihkan semua komponen dengan kain/tisu sehingga terbebas dari segala *contaminant.*

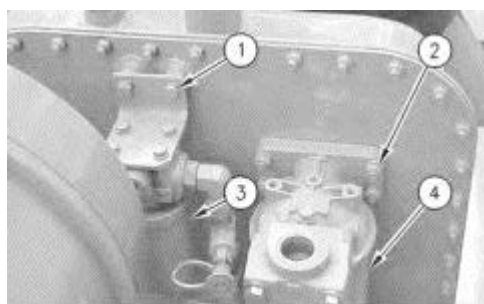
1. Jika *cover assembly* (11) sudah dilepas, berilah *sealent* (12) pada *cover assembly* terlebih dahulu untuk proses pemasangan *cover assembly* nantinya. Awali dan akhiri pemberian *sealent* dengan saling bertumpang tindih disamping lubang (X) untuk *bolt* yang paling atas.

Gambar 3.19 Langkah 1 dan 2

2. Pasang *link bracket* (A) pada *steering tank*. Pasang *flat webbing sling* yang sesuai (lihat berapa kapasitas maksimal bebannnya) pada *link bracket* dan alat angkat. Misalnya menggunakan *overhead crane* atau alat angkat lainnya. Angkat *steering tank* dengan posisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.19

3. Pasang enam *bolt* (10) dan *washer*.

Gambar 3.20 Langkah 3

4. Pasang dua *bolt* (9) dan *washer*.
5. Pasang *hose assembly* (6), *hose assembly* (7), dan *hose assembly* (8) ke *steering tank*.

Gambar 3.21 Langkah 4 dan 5

6. Pasang *O-ring seal* (5), pada *oil filter assembly* (4).

Gambar 3.22 Langkah 6

7. Tempatkan *oil filter assembly* (4) pada *steering tank.* Pasang empat *locknut* (2) dan *washer* yag menahan *oil filter assembly* pada tempatnya.

Gambar 3.23 Langkah 7 dan 8

8. Tempatkan *hydraulic filter assembly* (3) pada *steering tank.* Pasang dua *bolt* (1) dan *washer* yag menahan *hydraulic filter assembly* pada tempatnya.
9. Isilah *steering tank* dengan oli yang sesuai. Kapasitas pengisian dari tangki kemudi adalah 40 liter (11 US galon). Lihatlah pada "*Operation Maintenance Manual*" untuk mengetahui informasi yang pasti tentang penggantian oli pada sistem kemudi.

Diakhiri dengan :

Lepas *body retaining pin*. Ikutilah petunjuk pada *Disassembly and Assembly, "Pin (body Retaining)-Remove and Install".*

Tugas Praktik

1. Identifikasi tangki hidrolik dan komponen-komponen disekitarnya (lihat literatur).
2. Buatlah perencanaan proses pelepasan dan pemasangan tangki hidrolik.
3. Lakukanlah proses pelepasan dan pemasangan tangki hidrolik.
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan praktik pelepasan dan pemasangan tangki hidrolik, anda bisa melakukan simulasi dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada komponen-komponen yang mau dilepas dan dipasang, baik pada komponennya langsung atau dengan cara presentasi .
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam tangki lainnya.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

D. Melepas Dan Memasang Silinder Hidrolik

Didalam buku ini akan dibahas tentang cara melepas dan memasang silinder hidrolik untuk *bucket* pada mesin **385C Excavator** dengan serial number prefix **SBE** dari pabrikan **Caterpillar**.

MELEPAS SILINDER *BUCKET*

PERHATIAN !

Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

PERINGATAN !

Pada suhu operasi, tangki hidrolik bersifat panas dan di bawah tekanan. Oli yang panas dapat menyebabkan luka bakar.

Untuk mencegah kemungkinan terjadinya cedera, lepaskanlah tekanan dalam sirkuit implemen hidrolik (*boom, stick, bucket, swing*), saluran *travel*, dan tutup pengisian oli pada tangki hidrolik sebelum seluruh saluran atau komponen hidrolik dilepas.

Lepaskan tutup tangki pengisian oli ketika mesin dimatikan dan tutupnya cukup dingin untuk dipegang dengan tangan telanjang.

PERINGATAN !

Silinder hidrolik yang dilengkapi dengan *lock valve* dapat menyimpan

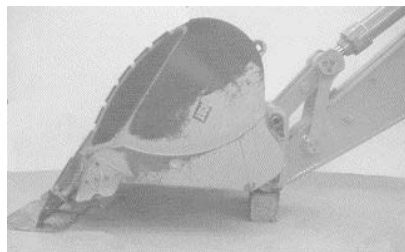
tekanan dalam waktu yang lama walaupun *hose* yang menghubungkannya sudah dilepas.

Kesalahan dalam pembuangan tekanan sebelum melepas *lock valve* atau membongkar silinder hidrolik dapat menyebabkan cedera atau kematian.

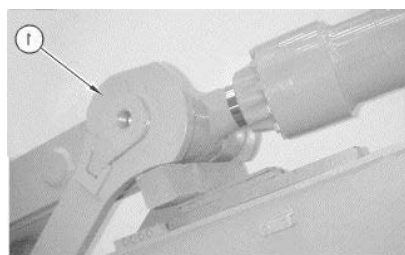
Pastikan semua tekanan telah dibuang sebelum melepas *lock valve* atau membongkar silinder hidrolik.

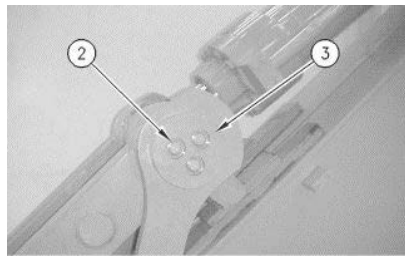
Catatan: Kebersihan merupakan faktor yang sangat penting dalam perbaikan. Oleh karena itu, sebelum melaksanakan proses pelepasan, area di sekitar komponen harus bersih agar tidak ada *contaminant* yang masuk ke dalam sistem.

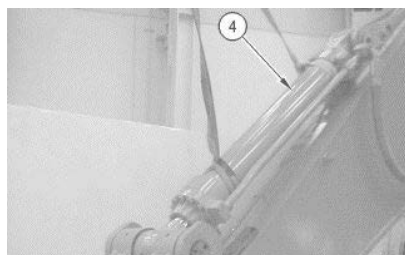
Catatan: Berilah tanda (misal beberapa garis menggunakan marker) pada semua saluran, *hose,* kabel, atau pipa untuk tujuan pemasangan nantinya. Tutuplah semua saluran, *hose,* dan pipa untuk mencegah keluarnya cairan dan masuknya *contaminant* ke dalam sistem.

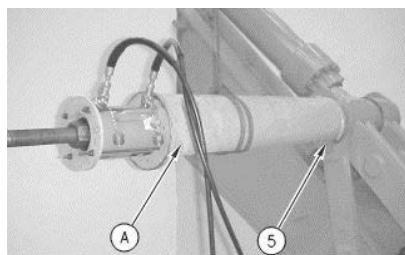
1. Posisikan *bucket* di atas alas dan *blocking* yang sesuai.

Gambar 3.24 Langkah 1

2. Buang tekanan dalam sistem hidrolik. Lihatlah pada *Disasssembly and Assembly*, "*Hydraulic System Pressure-Release*".

3. Letakkan *blocking* yang sesuai di bawah *bucket lingkage* (1).

Gambar 3.25 Langkah 3

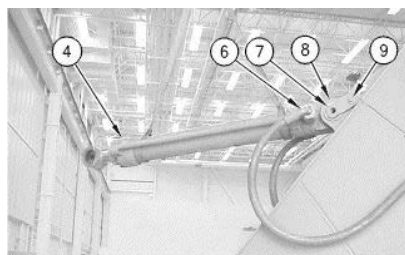
4. Lepas *bolt* (2) dan *plate* (3).

Gambar 3.26 Langkah 4

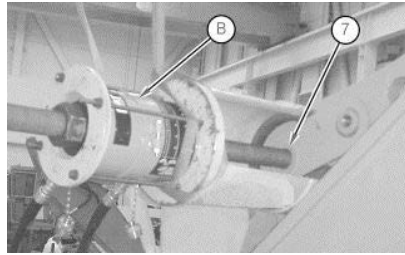
5. Pasang peralatan pengangkatan yang sesuai pada *bucket cylinder* (4).

Gambar 3.27 Langkah 5

6. Gunakan peralatan pengangkatan yang sesuai dan peralatan (A) untuk melepas *pin assembly* (5). Berat dari *pin assembly* (5) dan peralatan (A) sekitar 250 kg (550 lb) untuk *H-Family Bucket*. Berat dari *pin assembly* (5) dan peralatan (A) sekitar 280 kg (615 lb) untuk *J-Family Bucket*.

Gambar 3.28 Langkah 6

Tabel 3.1 Peralatan A

Required Tools			
Tool	**Part Number**	**Part Description**	**Qty**
A	3S-6224	Electric Hydraulic Pump	1
	6V-0014	Hydraulic Cylinder	1
	9U-6752	Sleeve	1
	1U-6150	Adapter Plate	1
	9U-6815	Puller Stud	1
	8C-7328	Nut	1
	1U-6342	Threaded Rod M10 - 1.5 by 360 mm	4
	8T-4121	Hard Washer	4
	8T-4133	Nut	4
	9U-6753	Retaining Plate	1

7. Lepas *grease hose assembly* (8) dari *bucket cylinder* (4). Lepas *bolt* (9) dari *pin assembly* (7). Lepas *hose assembly* (6).

Gambar 3.29 Langkah 7

8. Gunakan peralatan pengangkatan yang sesuai dan peralatan (B) untuk melepas *pin assembly* (7). Berat dari *pin assembly* (7) dan peralatan (B) sekitar 127 kg (280 lb).

Gambar 3.30 Langkah 8

Tabel 3.2 Peralatan B

B	3S-6224	Electric Hydraulic Pump	1
	6V-0014	Hydraulic Cylinder	1
	9U-6751	Sleeve	1
	9U-6754	Adapter Plate	1
	9U-6814	Puller Stud	1
	8C-7328	Nut	1
	1U-6342	Threaded Rod M10 - 1.5 by 360 mm	4
	8T-4121	Hard Washer	4
	8T-4133	Nut	4
	9U-6753	Retaining Plate	1

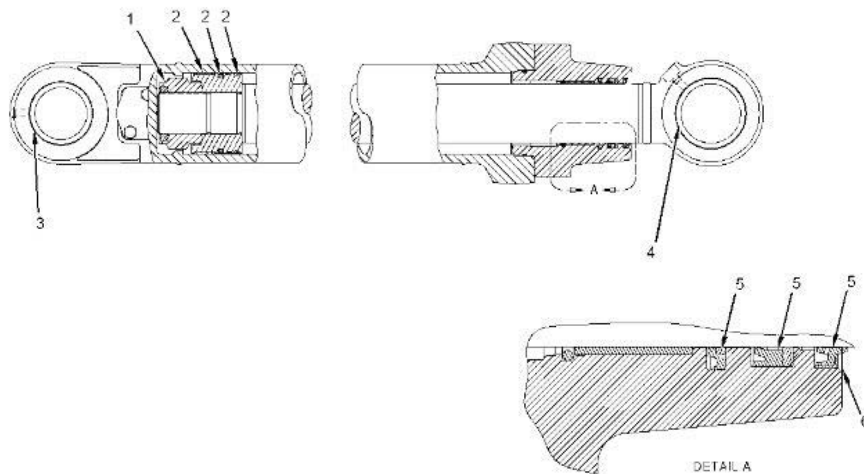
9. Lepas *bucket cylinder* (4). Beratnya sekitar 660 kg (1450 lb) untuk *H-Family Bucket* dan 885 kg (1950 lb) untuk *J-Family Bucket*.

Catatan : Mesin mungkin saja dilengkapi dengan *shim* antara *stick* dan *bucket cylinder* pada *pin joint*. Berilah tanda (garis) pada *shim* untuk menunjukkan lokasinya guna keperluan proses pemasangan.

10. Lepas *shim* (jika dilengkapi) pada *stick pin joint*.

INFORMASI PELEPASAN DAN PEMASANGAN SILINDER *BUCKET*

Tabel 3.3 Peralatan C

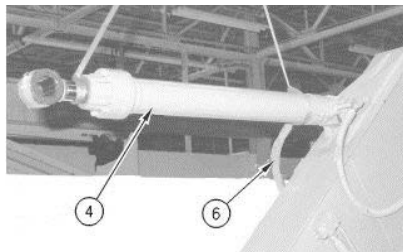
Required Tools			
Tool	**Part Number**	**Part Description**	**Qty**
C	5P-0960	Grease Cartridge	1
	1P-0544	Fast Runner Nut Assembly	1
	4C-9634	Puller Stud	1
	6V-3175	Double Acting Cylinder	1
	1P-1843	Bearing Puller Adapter	1
	9U-6260	Adapter	1
	165-3790	Puller Stud	1
	134-8469	Adapter	1
	1M-6756	Sleeve	1
D	5P-0960	Grease Cartridge	
E	4C-4032	Bearing Mount Compound	

Gambar 3.31 Informasi tambahan untuk pelepasan dan pemasangan *bearing*

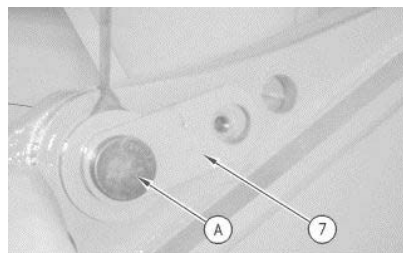
Catatan: Peralatan (C) digunakan untuk melepas dan memasang *bearing* (3) dan (4). Pasang *bearing* sedalam 10,0 ± 0,5 Nm (7,40 ± 0,37 lb.ft).

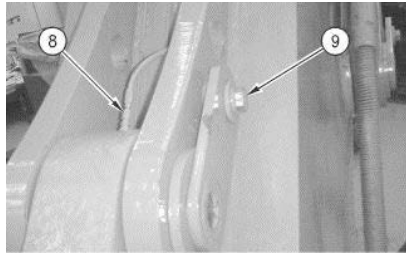
1. Gunakan peralatan (D) pada *threads*.

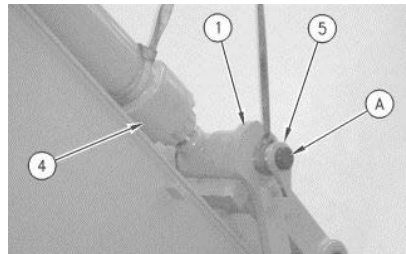
2. Beri pelumasan pada diameter dalam dan diameter luar *bearing* dengan *grease* yang bersih.
3. Beri pelumasan pada *sealing lip* (gambar nomor 6).
4. Gunakan peralatan (E) pada alur untuk keperluan pemasangan.

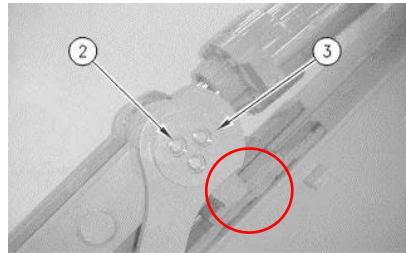
PEMASANGAN SILINDER *BUCKET*

1. Gunakan peralatan pengangkatan yang sesuai untuk menempatkan *bucket cylinder* (4) *pada tempatnya*. Beratnya sekitar 660 kg (1450 lb) untuk *H-Family Bucket* dan 885 kg (1950 lb) untuk *J-Family Bucket*.

Gambar 3.32 Langkah 1

2. Gunakan peralatan pengangkatan yang sesuai untuk menempatkan *pin assembly* (7) pada tempatnya. Gunakan *Pin Driver Cap* dan palu yang sesuai untuk memasang *pin assembly* (7). Berat dari *pin assembly* (7)sekitar 127 kg (280 lb).

Gambar 3.33 Langkah 2

3. Sambung *grease hose assembly* (8) dan pasang *bolt* (9).

Gambar 3.34 Langkah 3

4. Gunakan peralatan pengangkatan yang sesuai untuk menempatkan *pin assembly* (5) pada tempatnya. Gunakan *Pin Driver Cap* dan palu yang sesuai untuk memasang *pin assembly* (5). Berat dari *pin assembly* (5) sekitar 77 kg (170 lb) untuk *H-Family Bucket*. Berat dari *pin assembly* (5) sekitar 105 kg (230 lb) untuk *J-Family Bucket*.

Gambar 3.35 Langkah 4

5. Posisikan *plate* (3) dan pasang *bolt* (2).

Gambar 3.36 Langkah 5 dan 6

6. Ambillah *blocking* yang berada di bawah *bucket lingkage.*

1. Identifikasi silinder *bucket* dan komponen-komponen disekitarnya (lihat literatur).
2. Buatlah perencanaan proses pelepasan dan pemasangan silinder *bucket*.
3. Lakukanlah proses pelepasan dan pemasangan silinder *bucket*.
4. Buatlah laporan kerja.

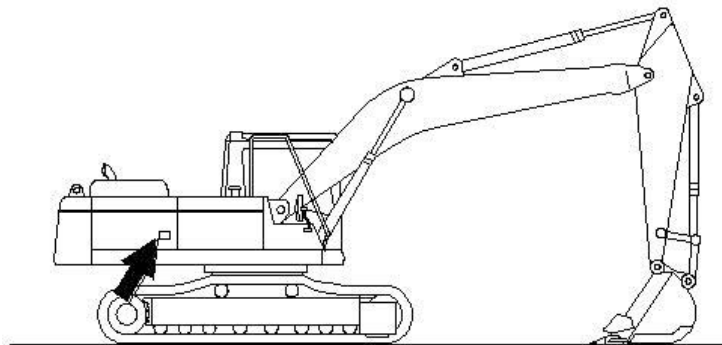
Catatan:

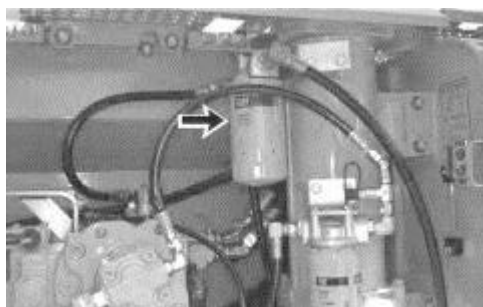
1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan praktik pelepasan dan pemasangan silinder *bucket*, anda bisa melakukan simulasi dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada komponen-komponen yang mau dilepas dan dipasang, baik pada komponennya langsung atau dengan cara presentasi .
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam silinder hidrolik lainnya, baik dari mesin *Excavator* maupun mesin lainnya, seperti: silinder hidrolik pada *Track Type Tractor*, *Wheel loader*, *Backhoe loader*, dan sebagainya.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

E. Melepas Dan Memasang Filter Oli Hidrolik

Di dalam buku ini akan dibahas tentang cara melepas dan memasang filter oli hidrolik jenis *spin-on* pada mesin **318B Excavator** dengan serial number prefix **3LR** dari pabrikan **Caterpillar**. Dalam hal ini pekerjaanya adala “Mengganti *Case Drain Filter*”

Mengganti *Case Drain Filter*

1. Bukalah pintu akses di samping kanan dari mesin.

Gambar 3.37 Langkah 1

2. Bersihkan area di sekitar *filter*, terutama pada *filter base* (tempat menempelnya *filter*).

Gambar 3.38 Langkah 2

3. Lepaskan *filter* dari *filter base* menggunakan *filter strap wrench* dengan memutarnya (perhatikan arah putar).

Catatan : Elemen yang ada di dalam *filter* tidak dapat digunakan kembali. Buanglah menurut peraturan daerah setempat karena mengandung limbah B3.

4. Bersihkan *filter base* (terutama bagian menempelnya *filter*).
5. Lapisi *seal* yang terdapat pada *filter* baru dengan oli hidrolik yang bersih.

Gambar 3.39 Langkah 5

6. Pasang *filter* pada *filter base*. Kencangkan *filter* sekuatnya hanya dengan menggunakan tangan tanpa alat.

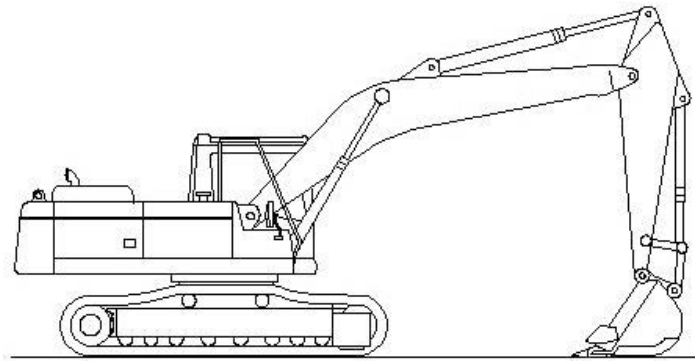
Cara memasang *filter* :

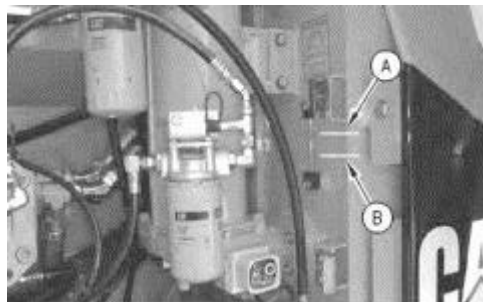
1. Jangan isi *filter* dengan oli, walaupun oli baru.
2. Lumasi *seal* dengan oli bersih
3. Putar *filter* sesuai dengan petunjuk arah sampai menempel pada *filter base*.
4. Kencangkan sekuatnya sesuai dengan berapa putaran yang ditunjukkan pada *filter*. Contoh di gambar adalah satu putaran (+1). Jika tidak mencapai satu putaran tidak apa-apa, yang penting sudah sekuat mungkin.

Gambar 3.40 Langkah 6

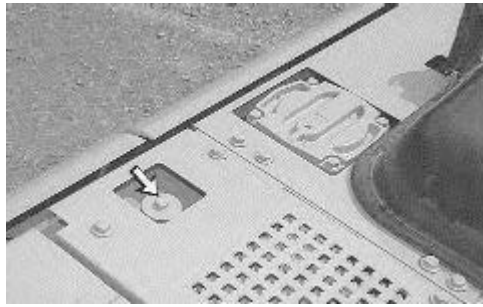
Catatan : Pada *filter* biasanya diberi tanda berupa angka (1,2,3,4) dan tanda garis yang berdampingan (seperti yang ditunjukkan pada lingkaran warna merah). Hal ini digunakan untuk mempermudah dalam pemasangan *filter*. Misalnya ketika anda memutar *filter* sampai menempel pada *filter base*, ternyata angka (1) ada dihadapan anda. Maka anda perlu mengencangkannya sampai angka (1) tersebut berada di hadapan anda kembali.

7. Tutuplah pintu akses di samping kanan dari mesin.

8. Kendarai mesin dengan perlahan-lahan selama 10 sampai 15 menit. Gerakkan setiap silinder hidrolik beberapa gerakan (*retract* atau *extend*).
9. Kembalikan mesin sesuai dengan posisi yang terlihat pada gambar di bawah ini. Periksa mesin dari kebocoran oli.

Gambar 3.41 Langkah 9

10. Matikan mesin
11. Buka pintu akses di samping kanan dari mesin untuk memeriksa *hydraulic oil sight gauge*.
12. Pastikan bahwa level oli berada pada kisaran tanda *“Low temperature range”* pada saat mesin dingin dan level oil berada pada kisaran tanda *“High temperature range”* pada saat mesin beroperasi pada suhu kerjanya.

Gambar 3.42 Langkah 11 dan 12

Catatan : (A) Level oli pada saat suhu tinggi
(B) Level oli pada saat suhu rendah

13. Perlahan-lahan kendorkan tutup tangki hidrolik untuk membuang tekanan. Lepas tutupnya untuk menambahkan oli jika diperlukan (setelah melihat level oli).

Gambar 3.43 Langkah 13

Warning ! Berhati-hatilah saat membuka tutup tangki hidrolik. Pada suhu operasi, tangki hidrolik bersifat panas dan di bawah tekanan. Oli yang panas dapat menyebabkan luka bakar. Lepaskan tutup tangki pengisian oli ketika mesin dimatikan dan tutupnya cukup dingin untuk dipegang dengan tangan telanjang.

14. Bersihkan tutup tangki hidrolik. Pasang kembali tutupnya.
15. Tutuplah pintu akses di samping kanan dari mesin.

Tugas Praktik

1. Identifikasi filter oli hidrolik yang terpasang pada *filter base* dan yang sudah terlepas.
2. Buatlah perencanaan proses pelepasan dan pemasangan filter.
3. Lakukanlah proses pelepasan dan pemasangan filter.
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan praktik pelepasan dan pemasangan filter, anda bisa melakukan simulasi dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada filter dan komponen terkait, baik pada komponennya langsung atau dengan cara presentasi.
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam filter lainnya, baik dari mesin *Excavator* maupun mesin lainnya, seperti: filter pada *Track Type Tractor*, *Wheel loader*, *Backhoe loader*, dan sebagainya.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

F. Membongkar Dan Merakit Pompa Hidrolik Tipe *Gear*

Pada bagian ini akan memperkenalkan tentang prosedur pembongkaran dan pemasangan pompa hidrolik tipe gear satu atau banyak section (bagian). Meskipun pompa memiliki tujuan yang berbeda dari motor, namun prosedur pembongkaran dan pemasangannya serupa kecuali dinyatakan lain oleh pembuatnya.

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan usia pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang dipergunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

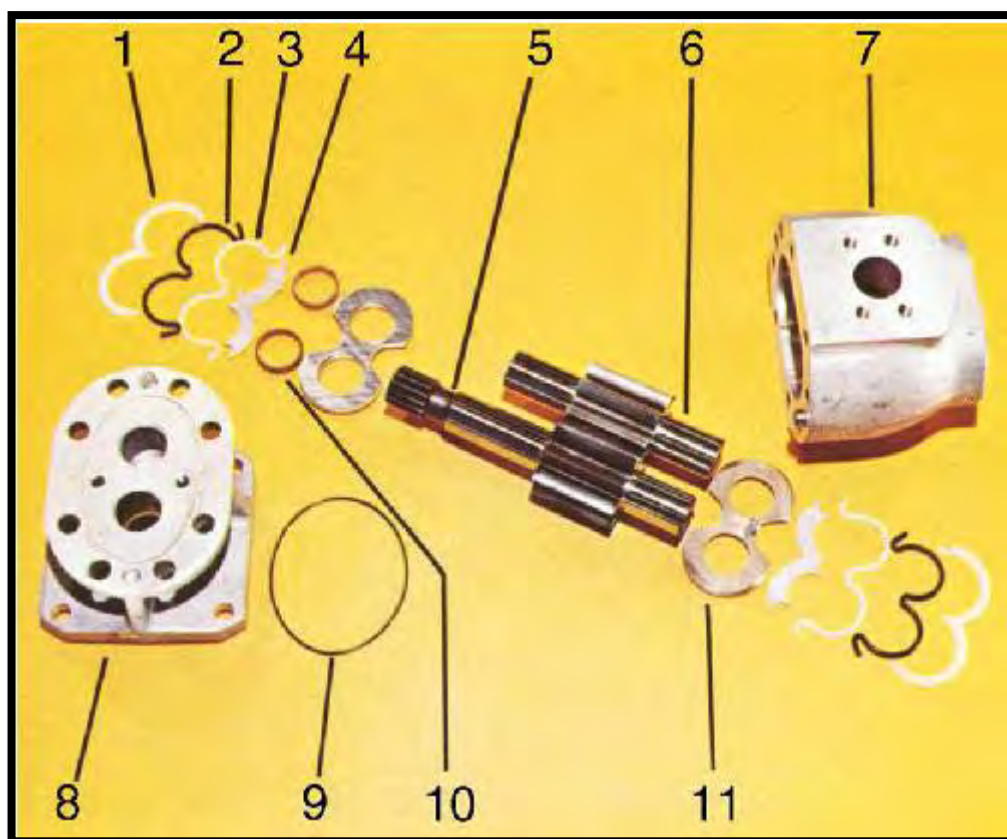
Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut. Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

PERINGATAN !

Anda dapat terluka karena oli hidrolik bertekanan dan oli panas. Pelumas hidrolik bertekanan kadang-kadang masih tersisa dalam sistem hidrolik jauh setelah mesin dimatikan. Anda dapat terluka cukup parah jika tekanan ini tidak dikeluarkan terlebih dahulu ketika melakukan perbaikan pada sistem hidrolik. Pastikan Anda telah melepaskan semua pengaitnya, dan suhu oli telah dingin sebelum Anda melepaskan berbagai komponen atau kabel yang berhubungan. Lepaskan cover

(penutup) lubang pengisian oli hanya jika mesin telah dimatikan, dan cover (penutup) lubang pengisian telah cukup dingin jika dipegang dengan tangan telanjang.

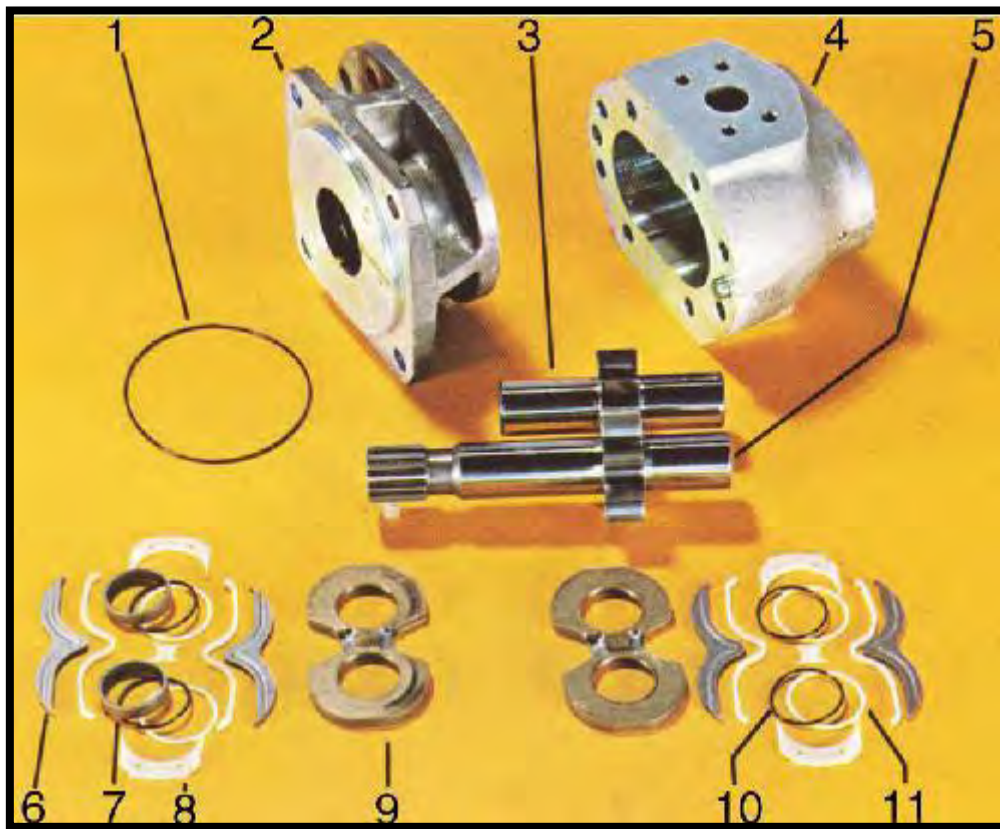
Pengidentifikasian Komponen

Pompa gear single section uni-directional

Gambar 3.44 Komponen-komponen *gear pump single section uni-directional*

Gambar 3.44 menunjukkan Pompa gear single section uni-directional, yang terdiri dari komponen-komponen berikut:

1.	*Retainer/Penahan*	*7.*	*Housing/housing*
2.	*Sealing strip*	*8.*	*Flange*

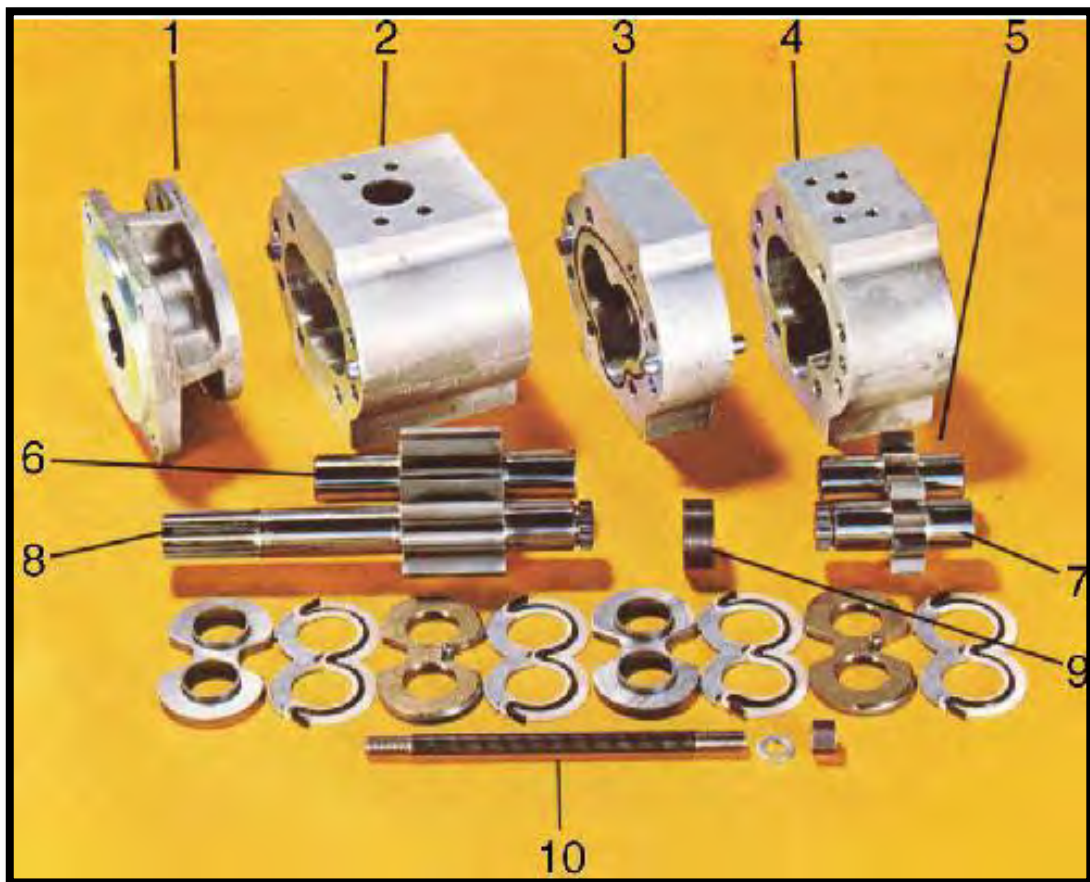
3. *Back up ring*
4. *Isolation plate*
5. *Drive gear*
6. *Idler gear*
9. *O-ring*
10. *Support ring*
11. *Pressure plate*

Pompa gear single section bi-directional

Gambar 3.45 Komponen-komponen *gear pump single section bi-directional*

Gambar 3.45 menunjukkan Pompa gear single section bi-directional, yang terdiri dari komponen-komponen berikut:

1. *O-ring*
2. *Flange*
3. *Idler gear*
4. *Housing/housing*
5. *Drive gear*
6. *Isolation plate*
7. *Support ring*
8. *Retainer/penahan*
9. *Pressure plate*
10. *O-ring*
11. *Back up ring.*

Pompa gear single section uni-directional, namun perhatikan bahwa kedua jenis pompa tersebut memiliki isolation plate pada kedua sisinya dan sepasang o-ring sebagai pengganti sealing strip. Ini memungkinkan kedua sisi pompa menjalankan fungsi untuk pressure (tekanan) rendah dan pressure (tekanan) tinggi secara bergantian.

Pompa gear double section

Gambar 3.46 Komponen-komponen *gear pump double section*

Gambar 3.46 menunjukkan Pompa gear double section, yang terdiri dari komponen-komponen berikut:

1. Flange
2. Front Housing/housing depan
3. Centre bearing plate
4. Rear housing/housing belakang
5. Rear idler
6. Front idler
7. Rear drive
8. Front drive gear
9. Coupling/kopling
10. Stud.

Pada Gambar 3.46, O-ring (tidak tampak dalam gambar) terletak pada bagian belakang flange.

Membongkar *Hydraulic Gear Pump*

PERHATIAN !

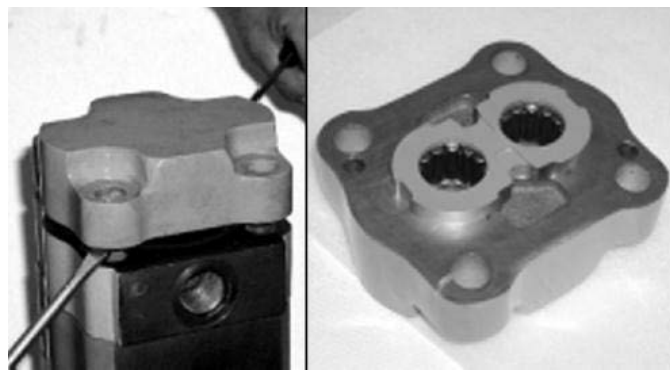
Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

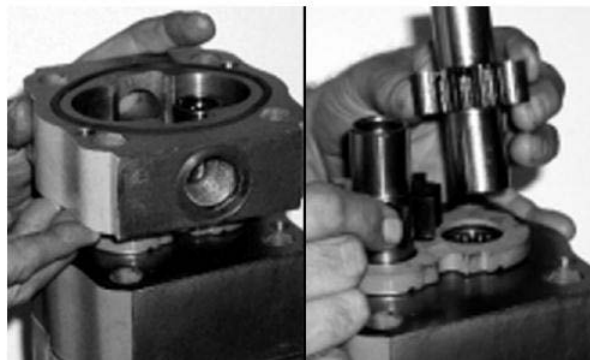
Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

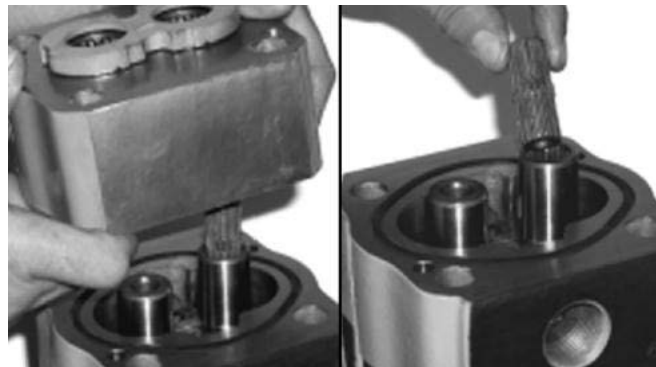
Lepaskan terlebih dahulu pompa dari peralatan yang akan diperbaiki. Gunakan prosedur pembongkaran pompa dari pembuatnya. Gunakan peralatan yang tepat dan patuhi prosedur keselamatan seperti yang ditegaskan oleh pembuatnya.

Gambar 3.47

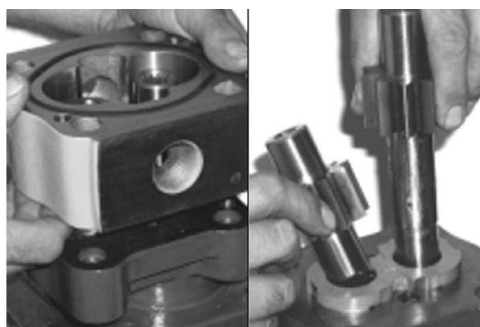
Pasang pompa pada ragum atau meja untuk pembongkaran (bagian poros berada di bawah) (Gambar 3.47 kiri). Dengan peralatan penggores dari logam tajam, pensil atau magic marker (spidol khusus), buatlah garis/tanda pada pompa dari penutup ujung *port* (*port end cover*) sampai ke penutup ujung poros (*shaft end cover*). Garis ini akan berfungsi untuk meratakan komponen ketika Anda merakitnya kembali. Lepaskan baut cover dan *washer* pada *single unit* atau *threaded rod* pada *multiple unit* (Gambar 3.47 kanan).

Gambar 3.48

Lepaskan *port end cover* dan *thrust plate* dengan cara memasukkan obeng atau batang pendorong (Gambar 3.48 kiri). Pastikan Anda tidak menggores permukaan mesinnya. *Thrust plate* dan *roller bearing* tetap berada di dalam *port end cover* ketika dilepaskan seperti yang terlihat pada Gambar 3.48 sebelah kanan. Lepaskan *thrust plate* dan periksa jika terdapat *wear* (keausan).

Gambar 3.49

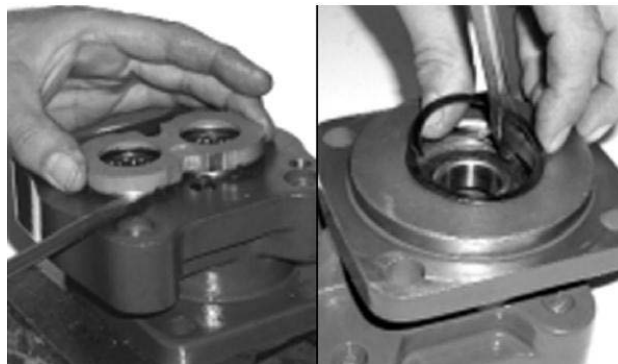
Angkat *housing gear* dengan hati-hati agar tidak merusak permukaan mesinnya (Gambar 3.49 kiri). Gunakan obeng atau batang pendorong jika diperlukan.

Lepaskan *drive gear* dan *idler gear* secara hati-hati agar tidak merusak permukaan mesin (Gambar 3.49 kanan). Jaga agar *gear* tetap menyatu. Anda harus merakitnya kembali secara berpasangan karena *gear* tersebut bekerja secara bersamaan.

Gambar 3.50

Pada *multiple section unit*, lepaskan *carrier bearing* (Gambar 3.50 kiri). Gunakan obeng atau batang pendorong jika diperlukan. Pastikan Anda tidak merusak permukaan mesin.

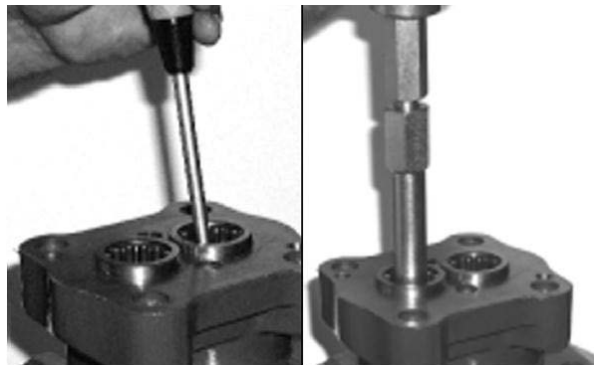
Pada *multiple section unit*, lepaskan poros penghubungnya (Gambar 3.50 kanan).

Gambar 3.51

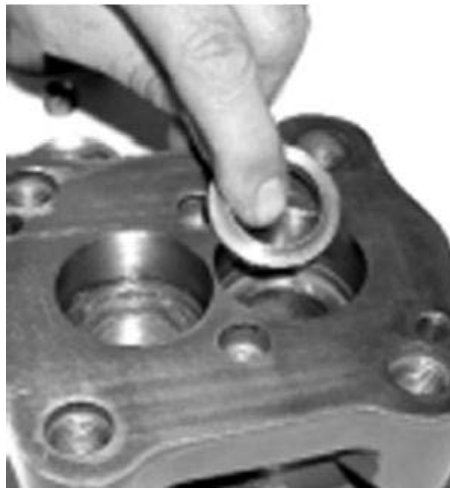
Angkat *gear housing* dengan hati-hati agar tidak merusak permukaan mesin (Gambar 3.51 kiri). Gunakan obeng atau batang pendorong jika diperlukan.

Lepaskan *drive* dan *idler gear* dari *cover* porosnya dengan hati-hati agar tidak merusak permukaan mesin (Gambar 3.51 kanan). Jaga agar *gear* tetap menyatu. Anda harus memasang *drive* dan *idler gear* kembali secara berpasangan, karena keduanya bekerja bersamaan.

Gambar 3.52

Lepaskan *thrust plate* dan periksalah jika sudah mengalami keausan yang parah (Gambar 3.52 kiri). *Bearing* harus tetap pada *cover*-nya. Jika tidak, atau jika dapat dilepas dengan tangan, buanglah *port end cover*. Periksalah *thrust plate* jika mengalami keausan atau sudah licin.

Jika Anda berencana untuk mengganti *bearing*, balikkan *port end cover* dan lepaskan *snap ring* pada *bearing shaft* (gambar 3.52 kanan).

Catatan:
Pakailah kacamata pengaman ketika menangani snap ring.

Gambar 3.53

Lepaskan *bearing shaft* dari *port end cover* dengan peralatan yang sesuai (Gambar 3.53 kiri). Usahakan jangan merusak *seal bearing*. Gunakan penarik *bearing* untuk menarik *roller bearing* keluar dari *port end cover* (Gambar 3.53 kanan).

Gambar 3.54

Lepaskan *seal ring* (Gambar 3.54) dan periksalah permukaan mengkilat pada *cover* -nya jika terdapat lubang yang dalam (ganti *port end cover* jika diperlukan).

Catatan:

Tidak disarankan untuk menggunakan *seal ring* kembali.

Pemeriksaan Berbagai Komponen

Dalam hal ini tidak dibahas khusus tentang pemeriksaan komponen. Tetapi anda dapat mencari informasi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan pemeriksaan komponen pompa hidrolik.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Jangan pernah memasang suatu bagian lagi jika tidak sesuai dengan spesifikasi pembuatnya. Selalu perbaiki penyebab keausan pompa. Komponen dalam pompa hidrolik dan motor bekerja bersamaan untuk menghasilkan aliran atau torsi. Efisiensi sebuah unit sangat beragam, sesuai dengan hilangnya aliran pada kelompok komponen tertentu. Pastikan untuk menguji semua pompa yang telah dirakit kembali agar kinerjanya memenuhi syarat. Pergunakan acuan menurut panduan pembuatnya sebagai spesifikasi testing (pengujian).

Prosedur Pembersihan Berbagai Komponen Pompa Hidrolik

Bersihkan berbagai komponen, seperti *bushing support, coupling, isolation plate* dan *support ring* dengan larutan bersih yang terbuat dari bensin.

Catatan:
Jangan pernah menggunakan kembali *seal* lama. Gunakan *seal* yang baru.

Cuci *gear* dengan larutan bensin bersih. Bersihkan dengan hati-hati agar tidak merusak *bearing area*. Anda tidak perlu menghilangkan pudarnya warna (perubahan warna) pada *gear*. Hal ini disebabkan oleh oli dan tidak merusak.

Lepaskan *lip seal* dan seka lubang sumbat terlebih dahulu. Cucilah *flange, plate* dan *body* dengan larutan bensin bersih. Gunakan kuas untuk menghilangkan debu dari permukaan bagian luar. Biasanya, kuas ini tidak dibutuhkan untuk membersihkan permukaan bagian dalam. Pastikan

bahwa dalam rangkaian *flange* yang dilengkapi dengan lubang *seal drain*, maka saluran buang *seal* bersih.

Hilangkan segala bahan *sealant* dari sisa *seal*, karena jika tidak, maka *seal* tidak dapat berfungsi dengan benar pada saat dirakit. Jika bahan *sealent* tidak dapat dibersihkan dengan larutan (*solvent*) dan kuas, gunakan *glass bead cleaner* [Gunakan *bead* berukuran 80 sampai 150 mikron (ukuran 10) dengan tekanan udara sebesar 550 sampai 62 kPa (80-90psi)].

Flange jenis terdahulu dilengkapi dengan *metallic seal drain valve*. *Flange* tersebut harus dipasang dengan katup baru, yang terbuat dari bahan Viton. Namun sebelum memasang *metallic seal drain valve* baru, Anda harus memasang *steel sleeve* terlebih dahulu pada saluran buang katup.

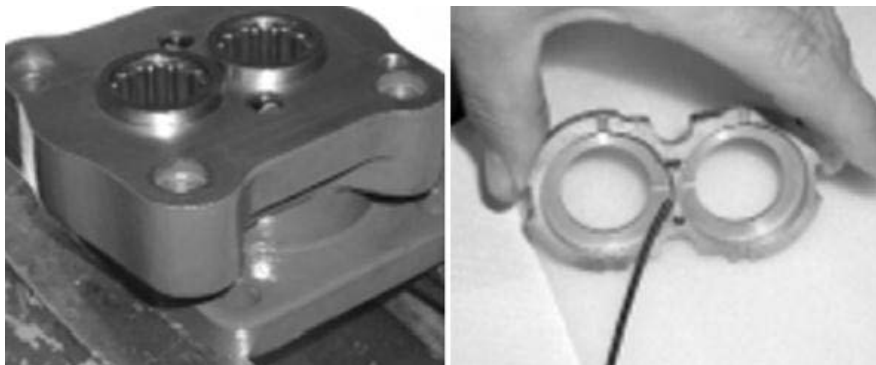
Merakit *Hydraulic Gear Pump*

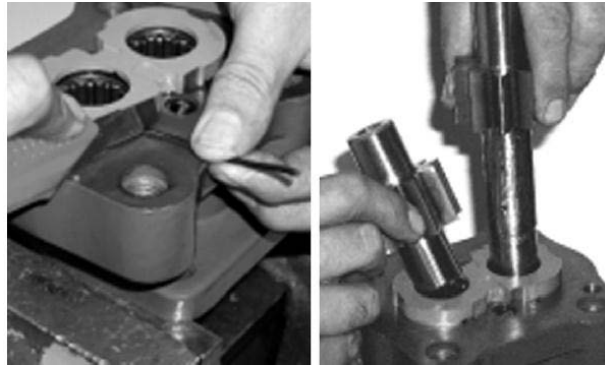
PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Berhati-hatilah ketika menjepit komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan mesin. Debu merupakan faktor utama dalam buruknya perbaikan dalam sistem hidrolik. Ketentuan pertama perawatan perlengkapan hidrolik yang baik adalah tempat kerja yang bersih dan rapi. Sebelum merakit, penting untuk membersihkan semua bagian dan menyekanya dengan kain yang tidak berbulu. Bahan *contaminant* (pencemar) yang tertinggal pada permukaan *bearing* atau *bushing* dapat menyebabkan kerusakan pada unit dan memperpendek masa pakainya.

Penutup ujung poros (*Shaft end cover)*

Gambar 3.55

Untuk membantu perakitan, *port end cover* API Anda telah dirakit sebelumnya (Gambar 3.55 kiri) dengan komponen yang terlihat pada Gambar 3.55 sebelah kanan.

Gambar 3.56

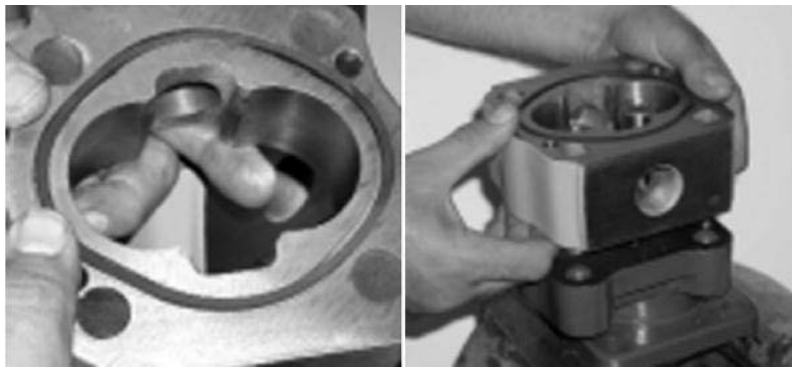
Kuatkan *shaft end cover* pada tepian jepitan ragum atau meja *mounting* (pemasangan) dengan sisi ujung *gear* menghadap ke atas (Gambar 3.56 kiri). Potong dua *seal* dari *seal strip* sepanjang 1/8" (Gambar 3.56 kanan), beri gemuk dan masukkan ke tengah *slot thrust plate*.

Gambar 3.57

Tempatkan *thrust plate* di atas dua *roller bearing* (Gambar 3.57 kiri) dengan sisi *counter bore* menghadap ke bawah dengan jarak 1/32" dari permukaan mesin. Masukkan *seal strip* sampai menyentuh belakang *bearing*, mundurkan 1/16" dan potong. Ulangi proses untuk tiga slot lainnya. Pukul *thrust plate* dengan palu lunak sampai rata.

Masukkan *drive gear* dengan menggunakan *seal protector* (Gambar 3.57 kanan). Pastikan permukaan *gear* bersentuhan dengan *thrust plate*. Jangan gunakan palu untuk memasang poros dan *gear*. Pasang *idler gear* pada *bearing* ke dua.

Gambar 3.58

Pasang *dowel pin* pada *cover* (penutup) ujung poros (Gambar 3.58). Pasang *dowel pin* pada satu sisi *housing*. Anda dapat menggunakan palu lunak untuk menolong *mounting* (pemasangan).

Housing gear (one)

Gambar 3.59

Berikan gemuk untuk *seal* pertama (Gambar 3.59 kiri) dan masukkan ke dalam *housing groove gear*. Putar *housing* untuk tahap berikutnya. Tempatkan *gear housing* pada *gear set* dan dorong sampai menyentuh ujung *shaft housing* (Gambar 3.59 kanan). Pastikan *seal* berada di tempatnya dan tidak terjepit diantara permukaan mesin.

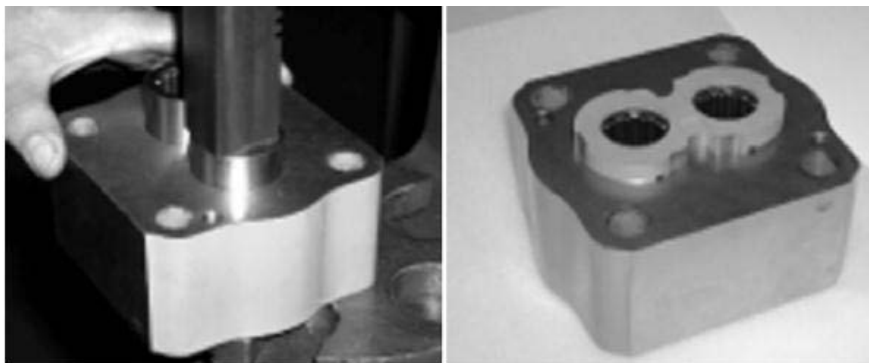
Gambar 3.60

Beri gemuk untuk *seal* kedua dan masukkan ke dalam *housing groove gear* (Gambar 3.60). *Pasang dowel pin* pada *housing gear* dengan menggunakan palu lunak bila perlu.

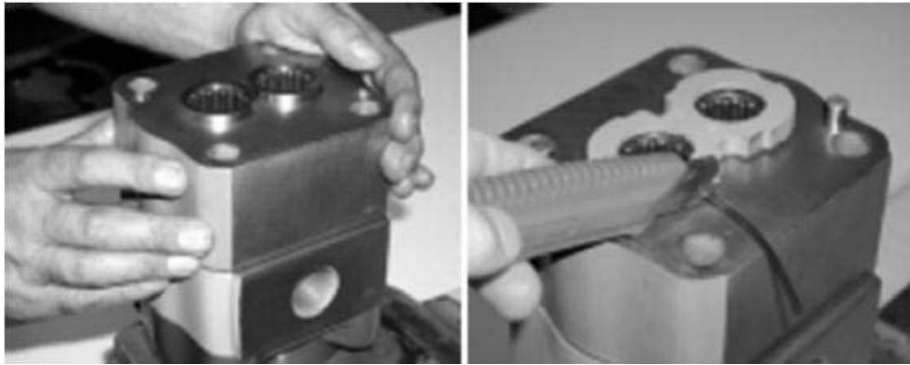
Bearing carrier

Gambar 3.61

Untuk unit *multiple* (ganda), dibutuhkan adanya *bearing carrier*. *Carrier* ini terdiri dari komponen yang terlihat pada Gambar 3.61 kiri.

Untuk unit *multiple*, masukkan *ring seal*, dengan sisi taper menghadap ke atas, melalui lubang *bearing carrier* (Gambar 3.61 kanan).

Gambar 3.62

Untuk unit *multiple*, tekan dua *bearing* pada satu sisi *bearing carrier* (gambar 3.62 kiri). Putar rangkaiannya. Masukkan *ring seal* kedua, dengan sisi taper menghadap ke atas, melalui lubang. Pasang dua *bearing* yang lainnya.

Untuk unit *multiple*, pasang *thrust plate* pada satu sisi *bearing carrier* menggunakan proses yang sama untuk memasang *pocket seal* (Gambar 3.62 kanan).

Gambar 3.63

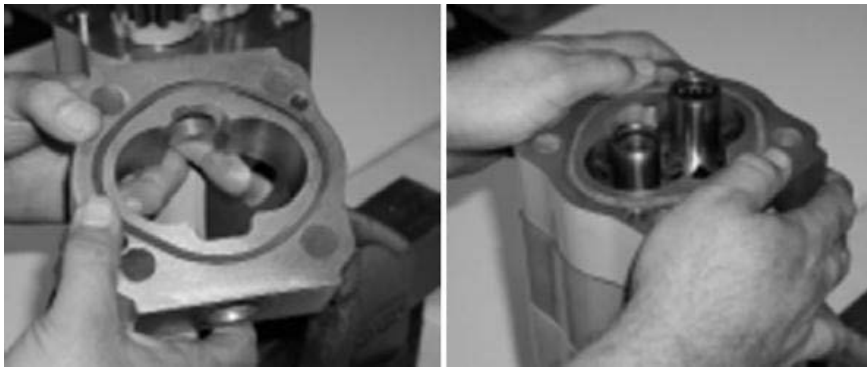
Untuk unit *multiple*, pasang *bearing carrier*, *thrust plate* menghadap ke bawah (Gambar 3.63 kiri), melalui *gear set* dan turun ke *housing gear*. Hanya gunakan palu lunak jika diperlukan.

Untuk unit *multiple*, pasang *thrust plate* pada satu sisi *bearing carrier* dengan menggunakan proses yang sama untuk memasang *pocket seal* (Gambar 3.63 kanan).

Gambar 3.64

Untuk unit *multiple*, masukkan poros penghubung ke dalam bagian belakang *spline drive gear*. Pasang rangkaian *gear* berikutnya ke dalam poros penghubung untuk memastikan permukaan *gear* bersentuhan

dengan *thrust plate*. Pasang *dowel pin* pada *bearing carrier* dengan menggunakan palu lunak jika dibutuhkan (Gambar 3.64).

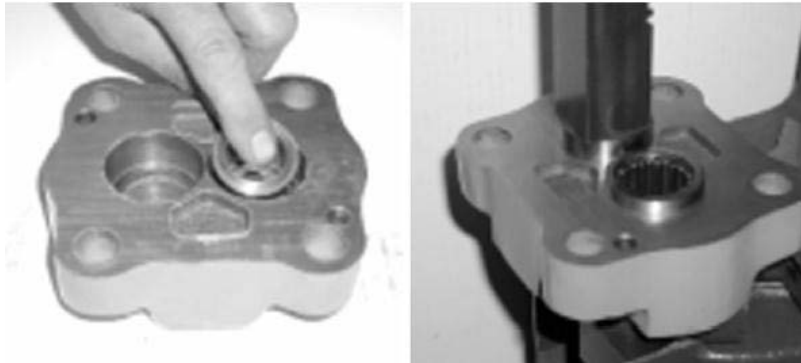
Housing gear (two)

Gambar 3.65

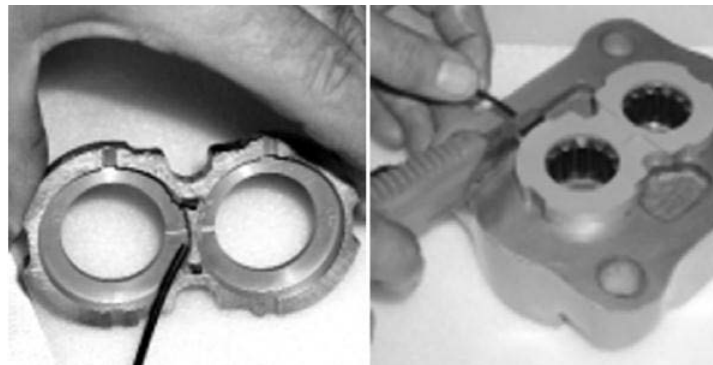
Untuk unit *multiple*, beri gemuk pada satu dari kedua *seal* yang ada (Gambar 3.65 kiri) dan masukkan ke dalam *groove* pada *gear housing* kedua.

Untuk unit *multiple*, tempatkan *gear housing* di atas *gear* untuk memastikan *housing* bersentuhan dengan permukaan mesin pada *bearing carrier* (Gambar 3.65 kanan). Berhati-hatilah untuk memastikan *seal* tetap di *groove* pada *gear housing*.

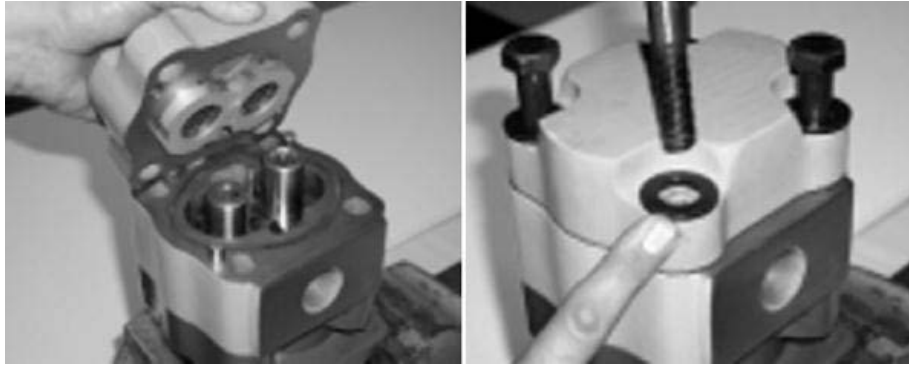
Penutup ujung port (*Port end cover)*

Gambar 3.66

Port end cover terdiri dari berbagai komponen yang terlihat pada Gambar 3.66 sebelah kiri dan harus turut dirakit. Temukan lubang *port end cover* dengan *counter bore* yang lebih besar seperti terlihat pada Gambar 3.66 sebelah kanan.

Gambar 3.67

Masukkan *ring seal* (Gambar 3.67 kiri) dengan sisi taper menghadap ke atas, ke dalam lubang dengan *counter bore* pada *port end cover* yang lebih besar. Tekan dua *roller bearing* pada *port end cover bore* (Gambar 3.67 kanan). Berhati-hatilah agar tidak mengetuk atau menekan diantara *ring seal* dan dasar *counter bore*.

Gambar 3.68

Potong dua *seal* dari *seal strip* sepanjang 1/8" (Gambar 56, kiri), beri gemuk dan masukkan ke slot tengah *thrust plate*. Tempatkan *thrust plate* di atas *dua roller bearing* dengan sisi *counter bore* menghadap ke bawah sampai 1/32" dari permukaan mesin. Masukkan *seal strip* sampai

dasarnya menyentuh *bearing*, mundurkan 1/16” dan potong (Gambar 3.68 kanan). Ulangi proses untuk tiga slot lainnya. Ketuk *thrust plate* dengan palu lunak sampai tersambung.

Gambar 3.69

Untuk unit tunggal atau *multiple*, pasang *dowel pin* dalam *gear housing*. Tempatkan rangkaian *port end cover* di atas *gear hub* (Gambar 3.69 kiri). *Drive gear* memiliki *bearing hub* yang lebih panjang untuk menon-aktifkan *ring seal*. Ketuk rangkaian *port end cover* perlahan ke bawah ke arah *housing* dengan menggunakan palu lunak.

Untuk unit tunggal, tempatkan baut dengan *washer*, atau untuk unit *multiple*, gunakan *threaded rod* dengan *washer Grade 8*, pada lubang *port end cover* (Gambar 3.69 kanan).

Gambar 3.70

Untuk unit tunggal, kencangkan secara merata dan secara bergantian dengan *torque wrench* (Gambar 3.70).

Catatan:

Lihat spesifikasi pembuatnya untuk nilai torsi dari baut.

Tugas Praktik

1. Identifikasi *hydraulic gear pump* yang yang digunakan untuk praktik pembongkaran dan perakitan.
2. Buatlah perencanaan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic gear pump*.
3. Lakukanlah proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic gear pump*.
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic gear pump*, anda bisa mempresentasikan dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada gambar *hydraulic gear pump*.
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam *hydraulic gear pump* tipe lainnya.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

G. Membongkar Dan Merakit Pompa Hidrolik Tipe *Vane*

Bagian ini akan memperkenalkan Anda dengan prosedur pembongkaran dan perakitan pompa tipe *vane*. Meskipun pompa memiliki fungsi yang berbeda dengan motor, namun prosedur pembongkarannya hampir serupa kecuali dinyatakan berbeda oleh pembuatnya.

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang dipergunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut. Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

PERINGATAN !

Anda dapat terluka karena oli hidrolik bertekanan dan oli panas. Pelumas hidrolik bertekanan kadang-kadang masih tersisa dalam sistem hidrolik jauh setelah mesin dimatikan. Anda dapat terluka cukup parah jika tekanan ini tidak dikeluarkan terlebih dahulu ketika melakukan perbaikan pada sistem hidrolik. Pastikan Anda telah melepaskan semua pengaitnya, dan suhu oli telah dingin sebelum Anda melepaskan berbagai komponen atau kabel yang berhubungan. Lepaskan cover (penutup) lubang pengisian oli hanya jika mesin telah dimatikan, dan

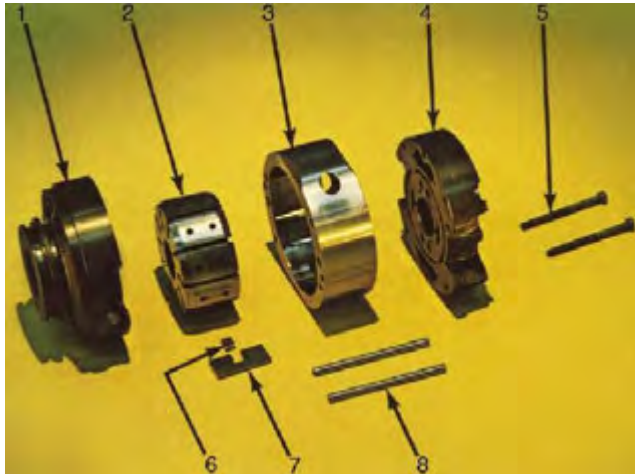
cover (penutup) lubang pengisian telah cukup dingin jika dipegang dengan tangan telanjang.

Pengidentifikasian Komponen

1. *Shaft and bearing*
2. *Body*
3. *Cartridge assembly*
4. *Bolt*
5. *Seal*
6. *Pump housing*

Gambar 3.71 Komponen-komponen *vane pump*

Komponen pompa jenis *vane* terlihat pada Gambar 3.71. Ini merupakan pompa *single section* yang memiliki *cartridge assembly*. Pompa *double section* juga serupa, namun memiliki *housing* lebih panjang, dan menggunakan *tow cartridge assembly*. Bagian *housing*-nya termasuk *body* dan *cover*, yang memiliki lubang pembukaan untuk saluran fluida, biasanya dari pipa. Juga terlihat poros dengan *drive end bearing* dan *seal*, dan *O-ring seal* yang diperlukan untuk menyekat kompartemen *inlet* dan *outlet* ketika *cartridge* dirakit di *housing*.

Komponen *cartridge assembly*

1. *Pressure plate*
2. *Rotor*
3. *Cam ring*
4. *Wear plate*
5. *Screw*
6. *Valve insert*
7. *Vane*
8. *Alignment pin*

Gambar 3.72 Komponen-komponen *cartridge assembly*

Gambar 3.72 menunjukkan komponen tersendiri dari *cartridge assembly*. Komponen dengan ketepatan tinggi ini terdiri dari unit pompa. *Vane* dan *vane insert* pada kebanyakan pompa masuk dalam *slot rotor*, yang diputar ke dan dikendailkan oleh poros pompa. *Rotor* dipasang pada poros pada rongga tengah berbentuk oval di dalam *cam ring*. *Cam ring* merupakan tepian *housing*, diperkuat untuk menahan keausan dan dirancang untuk memberikan jarak aman tepian yang sesuai untuk *rotor* dan *vane*, dan bentuk dalam yang sesuai untuk *vane*.

Ujung plat sesuai pada kedua sisi *cam ring*, menutup *rotor* dan *vane*. *Tow pin* menahan semua komponen agar rata, dan *screw* menahan rangkaian. Kedua plat memiliki ceruk dan saluran untuk mengendalikan aliran oli. Ujung plat yang lebih besar memiliki port keluar dan biasanya disebut sebagai *pressure plate*. Plat lainnya, dipergunakan pada sisi *inlet* disebut sebagai *wear plate*. Tekanan oli di belakang menahan komponen pompa.

Membongkar *Hydraulic Vane Pump*

Single vane pump

PERHATIAN !

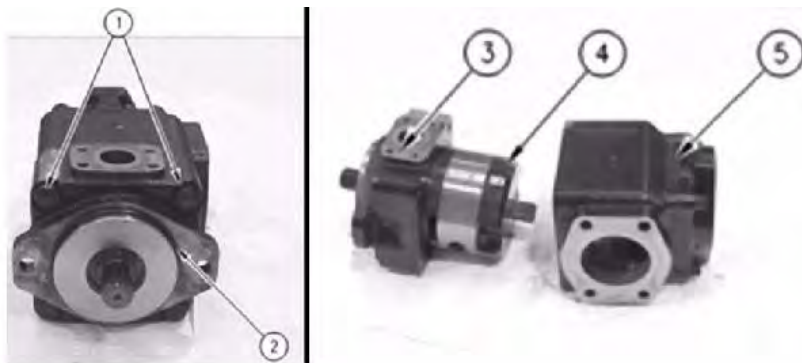
Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

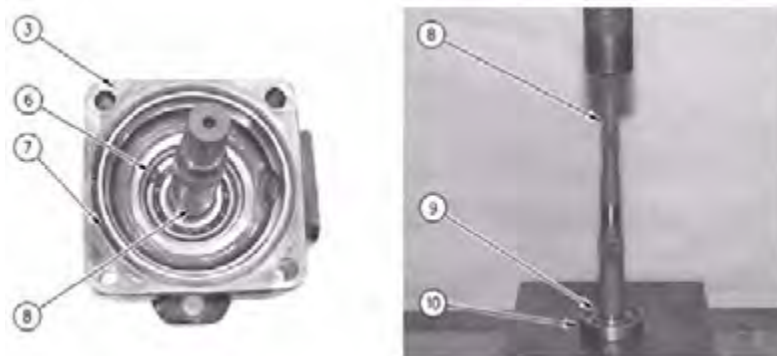
Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

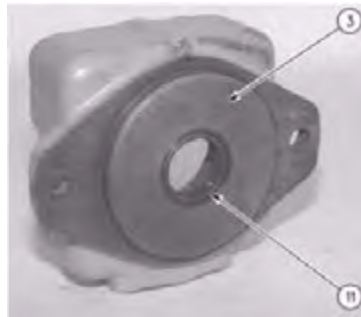
Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

1. Lepaskan terlebih dahulu pompa dari mesin yang akan diperbaiki. Gunakan prosedur pembongkaran pompa dari pembuatnya. Gunakan peralatan yang tepat dan patuhi prosedur keselamatan seperti yang ditegaskan oleh pembuatnya.

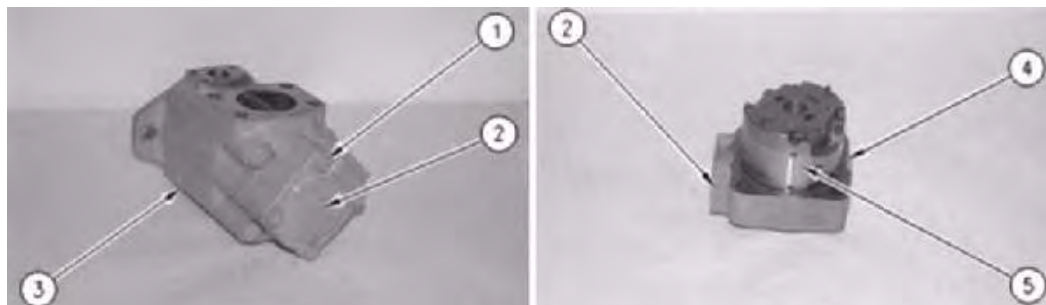
Catatan : Tandai *housing* pompa sebelum mombongkarnya.

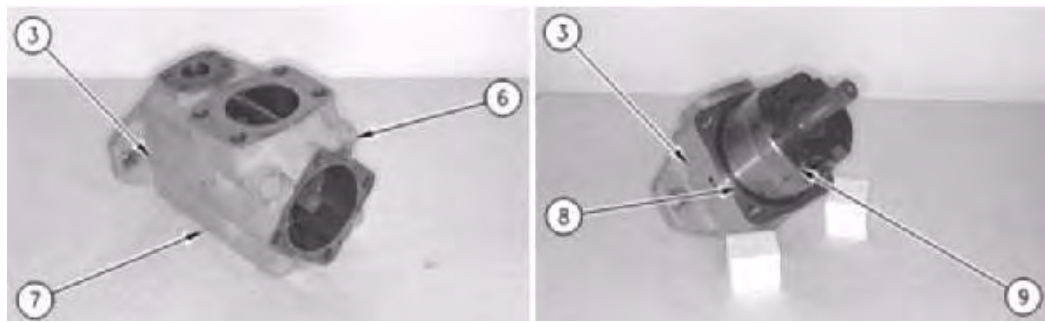
2. Lepaskan *O-ring seal* (2). Lepaskan empat *bolt* (1).
3. Pisahkan *body* (3) dan *cover* (5). Lepaskan *cartridge assembly* (4) dari *body* (3).

Gambar 3.73 Langkah 2 dan 3

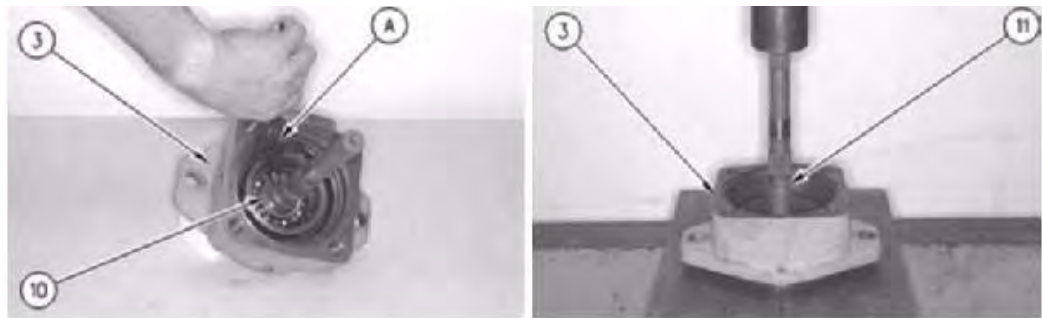
4. Lepaskan *retaining ring* (6). Lepaskan *O–ring* (7).
5. Lepaskan *shaft* (8) dan *bearing* (10) dari *body* (3).
6. Lepaskan *ring* (9).
7. Gunakan tekanan yang sesuai untuk melepas *bearing* (10) dari *shaft* (8).

Gambar 3.74 Langkah 4, 5, 6 dan 7

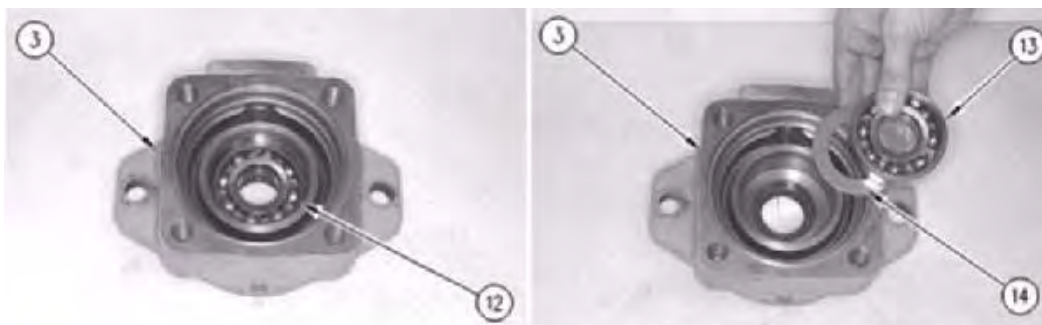
8. Lepaskan *lip seal* (11) dari *body* (3).

Gambar 3.75 Langkah 8

Double vane pump

1. Lepaskan empat *bolt* (1) dari *cover* (2). Lepaskan *cover* (2) dari *body* (3). *Cartridge assembly* (5) akan dilepaskan ketika *cover* (2) telah dilepas.
2. Lepaskan *O-ring seal* (4) dari *cover* (2). Lepaskan *cartridge assembly* (5) dari *cover* (2).

Gambar 3.76 Langkah 1 dan 2

3. Lepaskan empat *bolt* (6) dari *housing* (7). Lepaskan *housing* (7) dari *body* (3).
4. Lepaskan *O-ring seal* (8) dan *cartridge assembly* (9) dari *body* (3).

Gambar 3.77 Langkah 3 dan 4

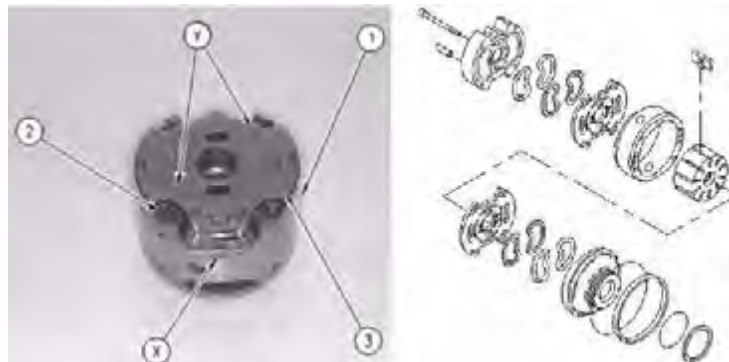
5. Lepaskan *retaining ring* (10) dari *body* (3).
6. Gunakan tekanan hidrolik untuk melepas *shaft* (11) dari *body* (3).

Gambar 3.78 Langkah 5 dan 6

7. Lepaskan *outer retaining ring* (12) dari *body* (3).
8. Lepaskan *bearing* (13) dan *washer* (14) dari *body* (3).

Gambar 3.79 Langkah 7 dan 8

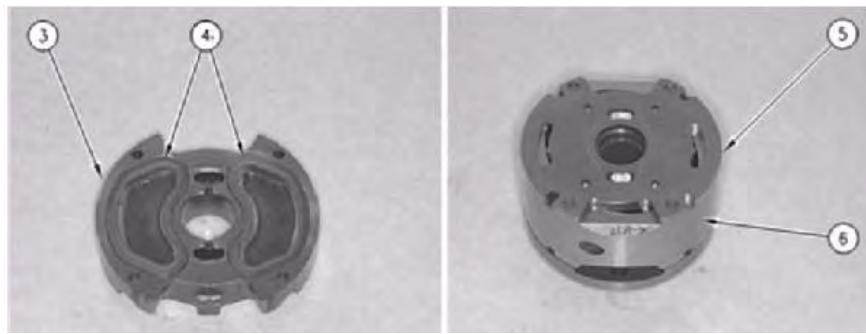
9. Lepaskan *lip seal* (15) dan *O-ring seal* (16) dari *body* (3).

Gambar 3.80 Langkah 9

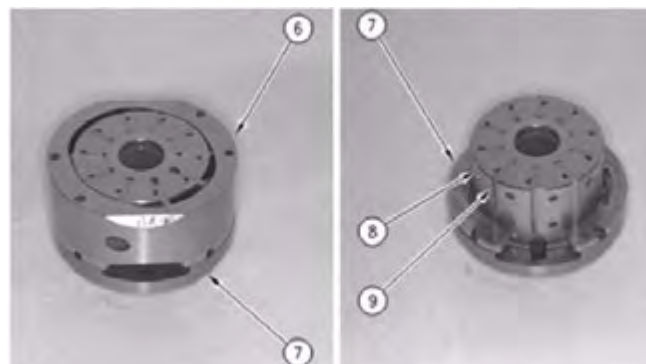
Membongkar *cartridge assembly*

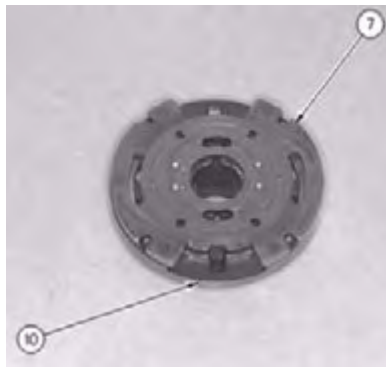
1. Rotasi pompa dilihat dari ujung *shaft. Cartridge assembly* biasanya terpasang untuk putaran tangan kanan.
2. Balikan putaran untuk *cartridge assembly* baru.
3. Lepaskan dua *bolt* (2) dari *inlet plate* (3). Lepaskan *inlet plate* (3) dari *cartridge assembly* (1).

Gambar 3.81 Langkah 3

Catatan : Berikan tanda perata pada *cartridge assembly* untuk tujuan pemasangan kembali. Perhatikan arah panah pada lokasi (X) dan (Y). Panah menunjukkan arah putaran pompa.

4. Lepaskan seal penahan oli (4) dari inlet plate (3).

Gambar 3.82 Langkah 4 dan 5

Catatan : Pada pompa model V, konfigurasi *flex plate* menyatu dengan *inlet support plate* dan pada *outlet suport plate*. Pada pompa model VQ, *flex plate* merupakan komponen terpisah.

5. Lepaskan *flex plate* (5) dari *ring* (6).
6. Lepaskan *ring* (6) dari *flex plate* (7).
7. Lepaskan *rotor* (8) dan *vane* (9) dari *flex plate* (7).

Gambar 3.83 Langkah 6 dan 7

8. Lepaskan *flex plate* (7) dari outlet plate (10).

Gambar 3.84 Langkah 8

Prosedur Pembersihan

Sebelum suatu komponen diperiksa, cucilah terlebih dahulu dalam larutan bersih yang terbuat dari bensin. Cuci secara terpisah. Jika beberapa komponen dicuci bersamaan, ada kemungkinan permukaan mesin rusak. Gunakan udara bertekanan untuk mengeringkan komponen. Beri oli hidrolik pada komponen untuk mencegah karat atau korosi. Tempatkan dalam wadah yang bersih. Gunakan handuk yang bebas bulu untuk membersihkan komponen sebelum dirakit. Pastikan untuk memberi oli pada semua bagian komponen sebelum merakitnya kembali.

Prosedur *touch lapping*

Pada bagian ini, prosedur *touch lapping* digunakan pada beberapa bagian sehingga dapat digunakan kembali. Prosedur *touch lapping* tidak akan membuat permukaan komponen "tampak rata seperti baru" kembali. Prosedur ini digunakan untuk menghilangkan pudarnya warna dan tanda kecil pada permukaan.

Gunakan kertas poles emery 4/0, letakkan kertas emery pada dasar permukaan *plate* sehingga kertas halus. Jangan gunakan permukaan lain. Basahi kertas emery dengan larutan bersih dari bensin. Letakkan kertas emery pada permukaan yang akan digunakan prosedur *touch lapping*

pada kertas. Gerakkan dengan pola angka “8”. Biasanya tidak perlu untuk melakukannya lebih dari 10 putaran.

Cuci komponen dalam larutan bersih. Biarkan mengering pada suhu kamar. Berikan oli hidrolik pada komponen dan tempatkan dalam wadah yang bersih. *Flex plate* dengan endapan karbon dapat dipergunakan kembali setelah diberrsihkan dan diikuti dengan *lapping*. *Ameroid one step cleaner* pada suhu 77^0 C (170^0 F) dapat digunakan utnuk menghilangkan karbon. Periksa ketebalan, rata permukaan, dan permukaan setelah melakukan *lapping*.

Merakit *Hydraulic Vane Pump*

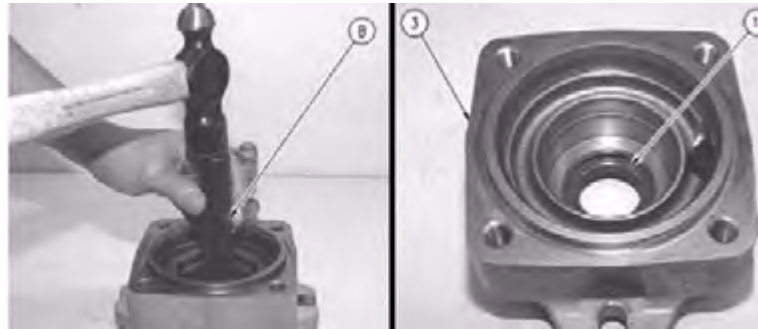
PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

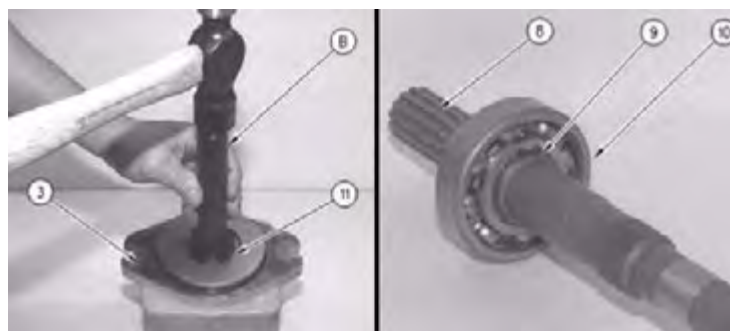
Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut. Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang dipergunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

Single vane pump

Catatan : Rotasi pompa dilihat dari ujung *shaft*. *Cartridge assembly* biasanya terpasang untuk putaran tangan kanan.

1. Gunakan peralatan (B), pasang *lip seal* (11) pada bagian dalam *body* (3). Pasang *lip seal* dengan sisi pegas *lip seal* menghadap belakang badan. Pasang *lip seal* bagian dalam sampai *lip seal* terpasang pada *body*. Pasang *lip seal* bagian luar sampai *lip seal* terpasang pada bagian dalam *lip seal*.

Gambar 3.85 Langkah 1

2. Putar *body* (3) ke sisi sebaliknya. Gunakan peralatan (B) untuk memasang *lip seal* (11) pada bagian luar *body* (3). Pastikan bahwa *sealing lip* membelakangi pompa.
3. Panaskan *bearing* (10) sampai suhu tertinggi 135^0 C (275^0 F) selama satu jam. Pasang *bearing* (10) pada *shaft* (8).
4. Pasang *retaining ring* (9).

Gambar 3.86 Langkah 2,3 dan 4

5. Pasang *shaft* (8) pada *body* (3).
6. Pasang *retaining ring* (6) dan *O-ring* (7).

7. Pasang *cartridge assembly* (4) ke *body* (3). Sambungkan *body* (3) dan *cover* (5).

Gambar 3.87 Langkah 5, 6 dan 7

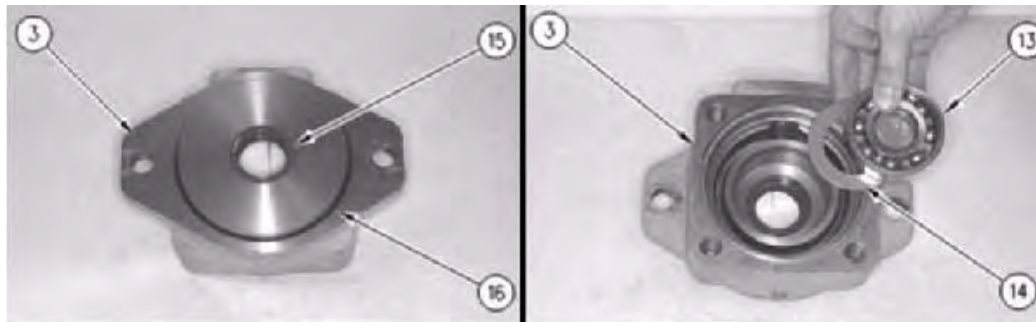
8. Pasang *O-ring seal* (2). Pasang *bolt* (1).

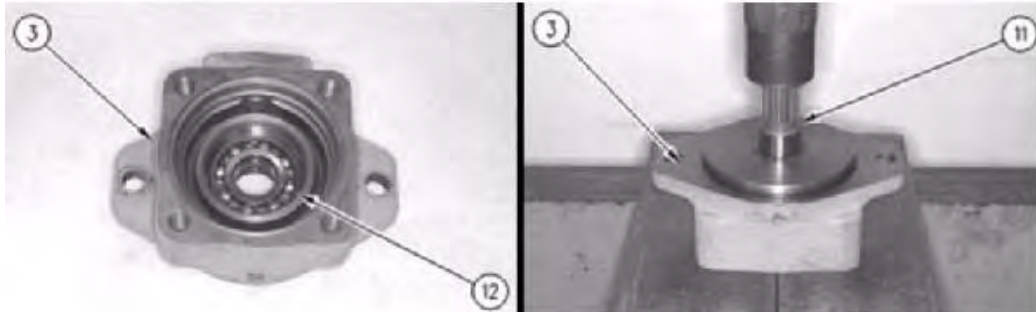
Gambar 3.88 Langkah 8

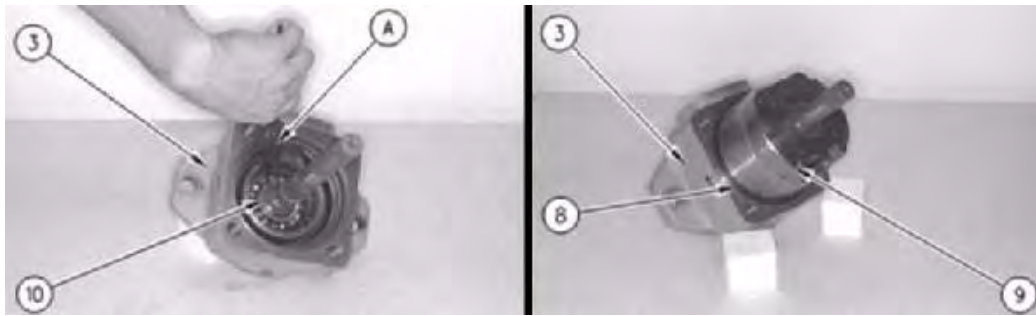
Double vane pump

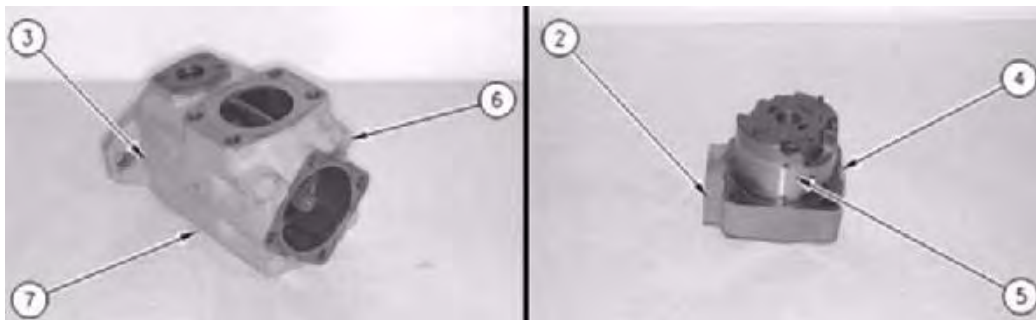
1. Bersihkan semua komponen dan periksa semuanya. Jika ada komponen yang aus atau rusak, gunakan komponen yang baru utnuk menggantinya. Berikan oli bersih ke bagian dalam komponen pompa.
2. Pasang *lip seal* (15). Pasang *O-ring seal* (16) ke *body* (3). Pasang *lip seal* dengan sisi pegas *lip seal* menghadap ke bagian belakang *body*.

Pasang *lip seal* bagian dalam sampai terpasang pada *body*. Pasang *lip seal* bagian luar membelakangi *lip seal* bagian dalam.

3. Pasang *washer* (14) dan *bearing* (13) ke *body* (3).

Gambar 3.89 Langkah 2 dan 3

4. Pasang *outer retaining ring* (12) pada *body* (3).
5. Gunakan tekanan hidrolik untuk memasang *shaft* (11) pada *body* (3). *Seal* harus dilumasi sebelum pemasangan *shaft* (11).

Gambar 3.90 Langkah 4 dan 5

6. Gunakan perlengkapan (A) untuk memasang *retaining ring* (10) pada *body* (3).
7. Pasang *cartridge assembly* (9) dan *O-ring seal* (8) pada *body* (3).

Gambar 3.91 Langkah 6 dan 7

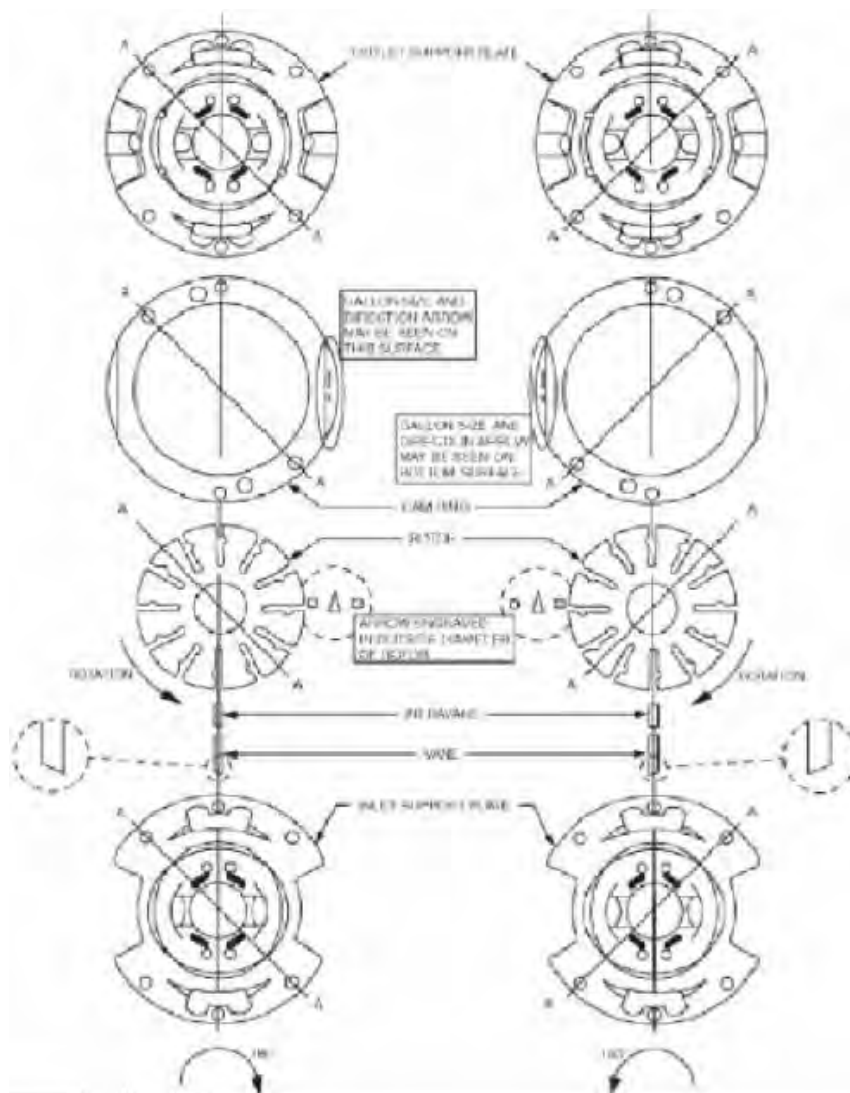
8. Pasang *housing* (7) pada *body* (3). Pasang empat *bolt* (6) pada *housing* (7).
9. Pasang *cartridge assembly* (5) pada *cover* (2). Pasang *O-ring seal* (4) pada *cover* (2).

Gambar 3.92 Langkah 8 dan 9

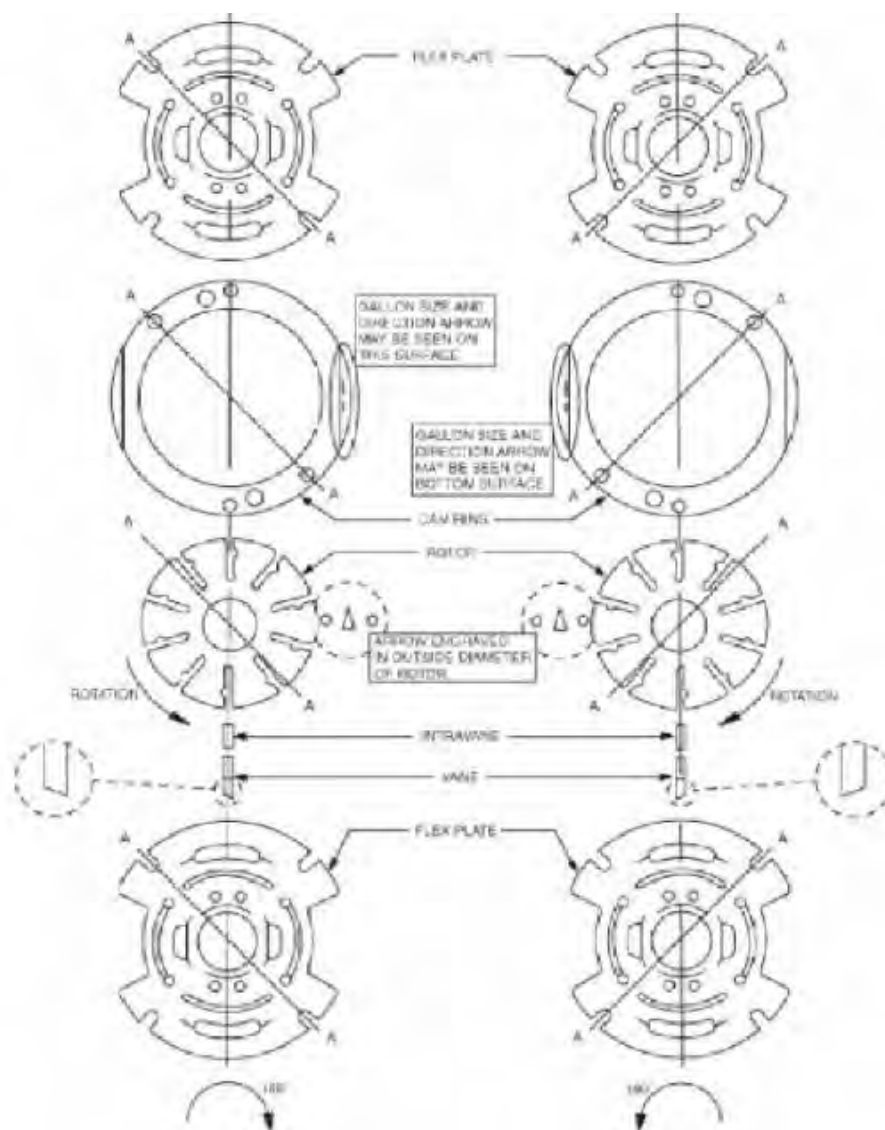
10. Pasang *cover* (2) pada *body* (3). Pasang empat *bolt* (1) pada *cover* (2).

Gambar 3.93 Langkah 10

Merakit *cartridge assembly*

Catatan : Bagian ini hanya untuk merubah arah putaran pompa. Komponen pada tingkat ini tidak dapat diperbaiki.

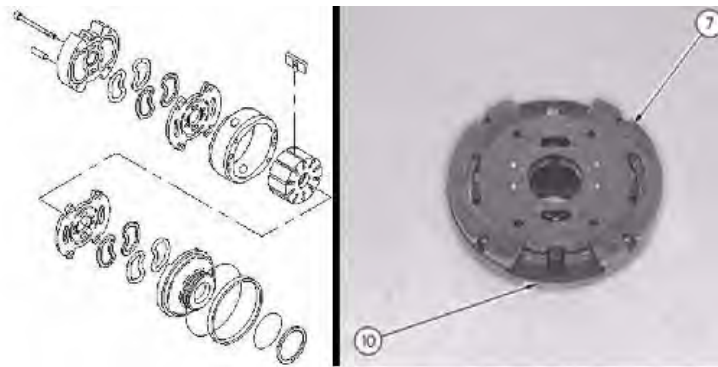
1. Putaran pompa dilihat dari ujung *shaft*. *Cartridge assembly* biasanya dipasang untuk putaran arah kanan.

Gambar 3.94 Langkah 1
Kiri: Putaran arah kanan (searah jarum jam);
Kanan: putaran ke arah kiri (berlawanan jarum jam)

2. Putarlah *cartridge assembly* baru ke arah berlawanan. Putar komponen berikut 180 derajat: *flex plate, cam ring, rotor* dan *vane*.
3. Balik putaran *cartridge assembly* baru. Putar komponen berikut 180 derajat: *flex plate, cam ring, rotor* dan *vane*.

Gambar 3.95 Langkah 2 dan 3

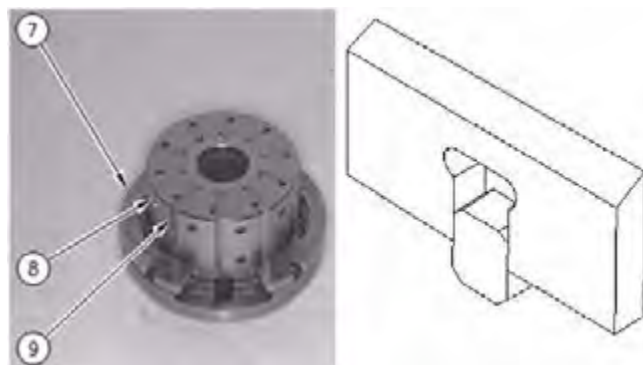
Kiri: Putaran arah kanan (searah jarum jam);

Kanan: putaran ke arah kiri (berlawanan jarum jam)

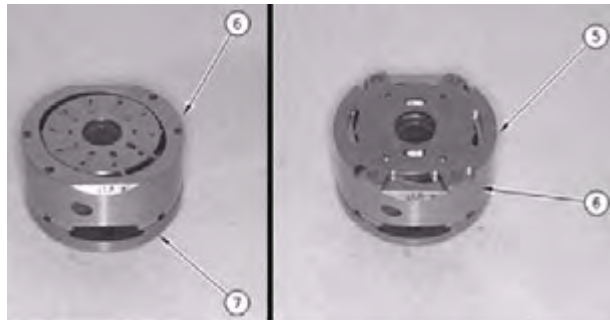
Catatan : Pada pompa model V, konfigurasi *flex plate* menyatu dengan *inlet support plate* dan pada *outlet suport plate*. Pada pompa model VQ, *flex plate* merupakan komponen terpisah.

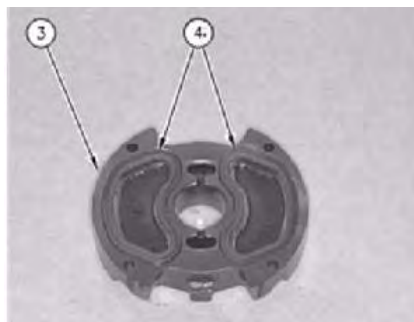
4. Pasang *flex plate* (7) pada *outlet plate* (10). Permukaan perungu *flex plate* harus menghadap *rotor*.

Gambar 3.96 Langkah 4

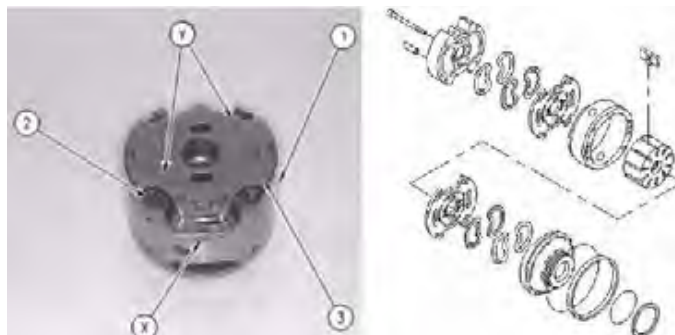
Catatan : Baling-baling harus dipasang sehingga tepian menghadap ke arah putaran.

5. Pasang *rotor* (8) dan *vane* (9) pada *flex plate* (7).

Gambar 3.97 Langkah 5

6. Pasang *ring* (6) pada *flex plate* (7).

7. Pasang *flex plate* (5) pada *ring* (6). Permukaan perunggu *flex plate* harus menghadap ke *rotor*.

Gambar 3.98 Langkah 6 dan 7

8. Pasang *seal* (4) ke *plate* (3).

Gambar 3.99 Langkah 8

9. Pasang *inlet plate* (3) pada *body* (1). Pasang *bolt* (2) pada *inlet plate* (3).

Gambar 3.100 Langkah 9

Catatan : Patuhi spesifikasi pembuatnya untuk torsi *bolt*.

Tugas Praktik

1. Identifikasi *hydraulic vane pump* yang yang digunakan untuk praktik pembongkaran dan perakitan.
2. Buatlah perencanaan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic vane pump.*
3. Lakukanlah proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic vane pump.*
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic vane pump*, anda bisa mempresentasikan dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada gambar *hydraulic vane pump.*
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam *hydraulic vane pump* tipe lainnya,.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

H. Membongkar Dan Merakit Pompa Hidrolik Tipe *Piston*

Bagian ini akan memperkenalkan Anda dengan prosedur pembongkaran dan perakitan pompa tipe piston. Meskipun pompa memiliki fungsi yang berbeda dengan motor, namun prosedur pembongkarannya hampir serupa kecuali dinyatakan berbeda oleh pembuatnya.

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang digunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut.

Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

PERINGATAN !

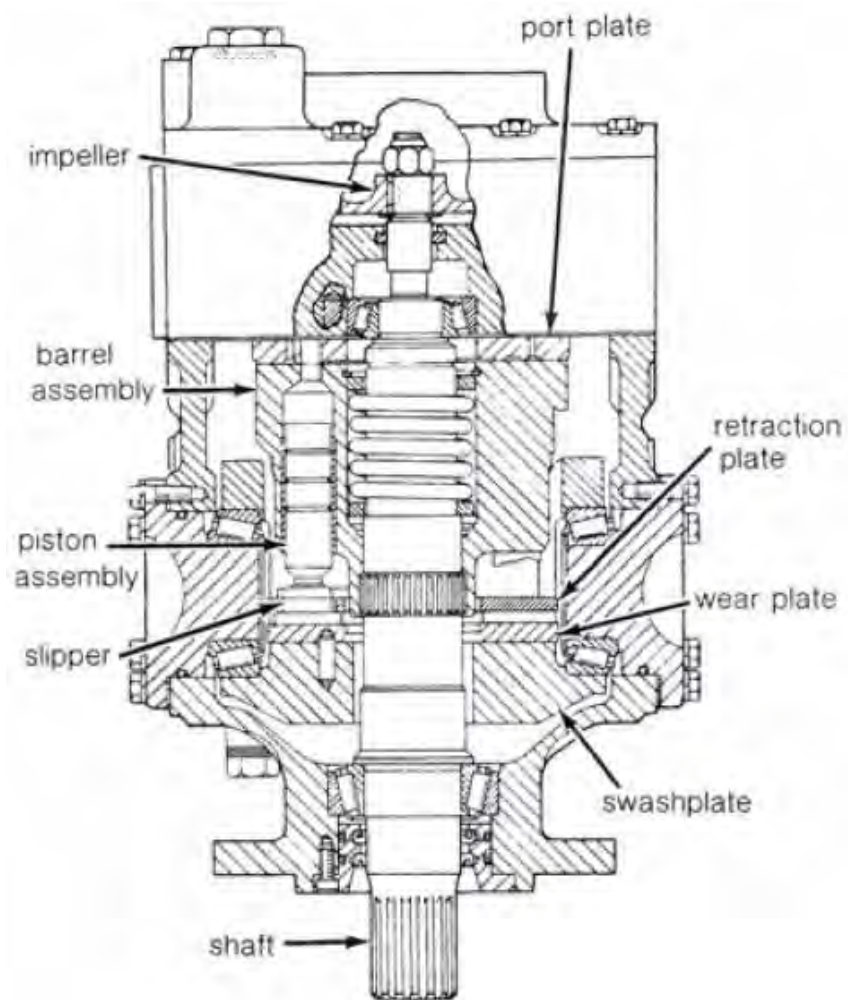
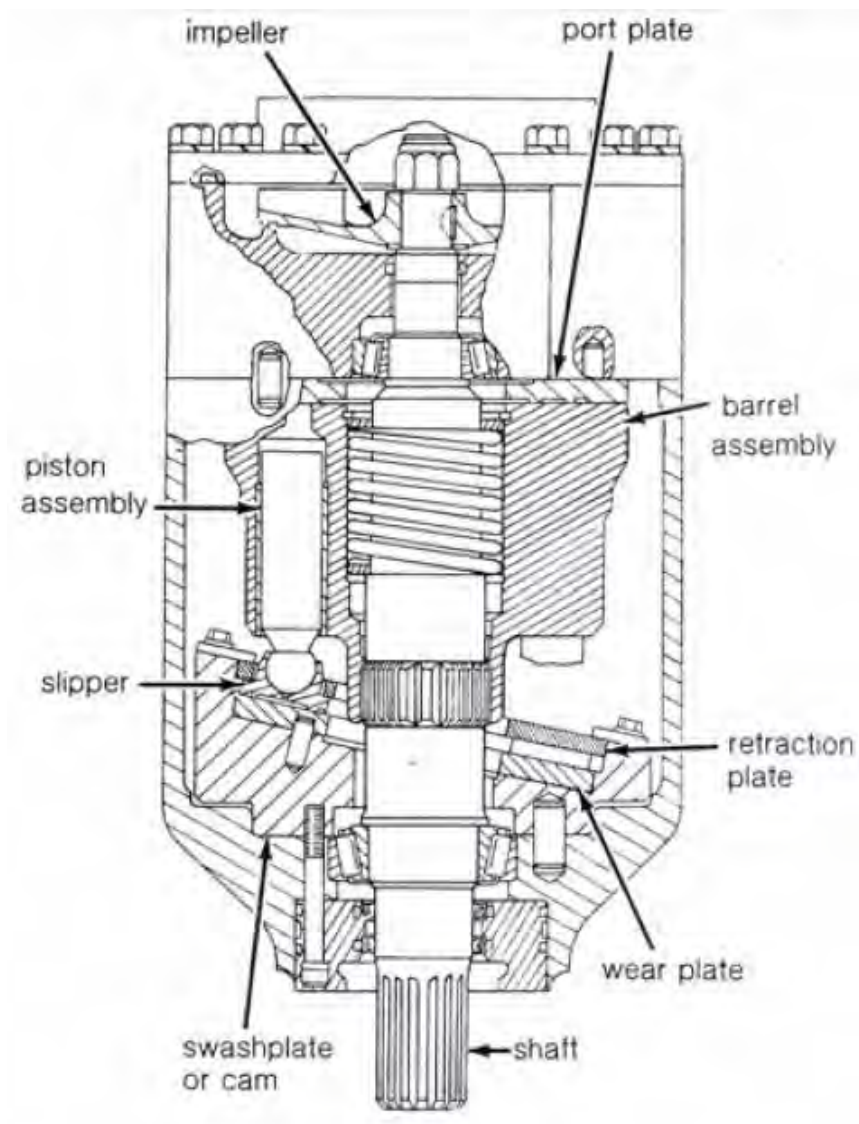
Anda dapat terluka karena oli hidrolik bertekanan dan oli panas. Pelumas hidrolik bertekanan kadang-kadang masih tersisa dalam sistem hidrolik jauh setelah mesin dimatikan. Anda dapat terluka cukup parah jika tekanan ini tidak dikeluarkan terlebih dahulu ketika melakukan perbaikan pada sistem hidrolik.

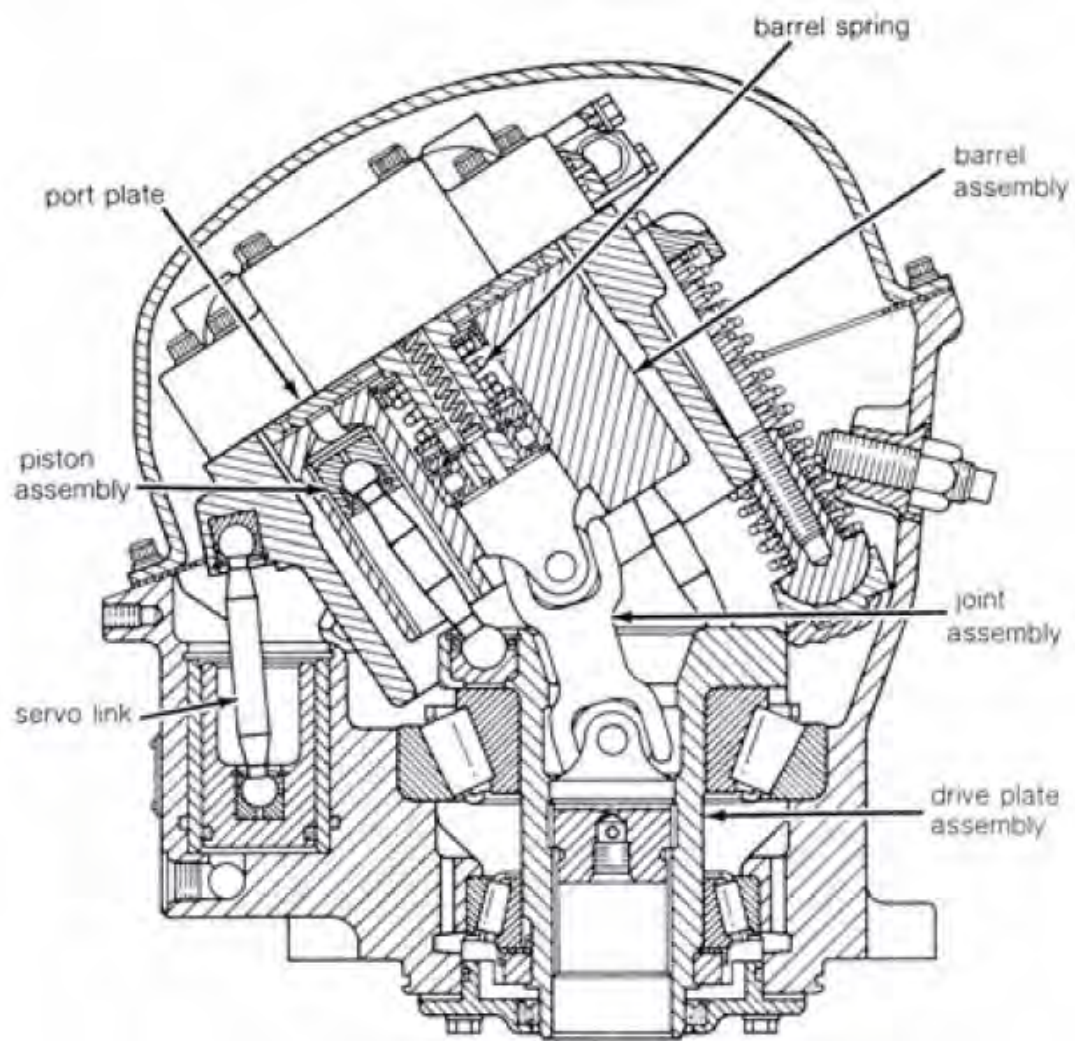
Pastikan Anda telah melepaskan semua pengaitnya, dan suhu oli telah dingin sebelum Anda melepaskan berbagai komponen atau kabel yang

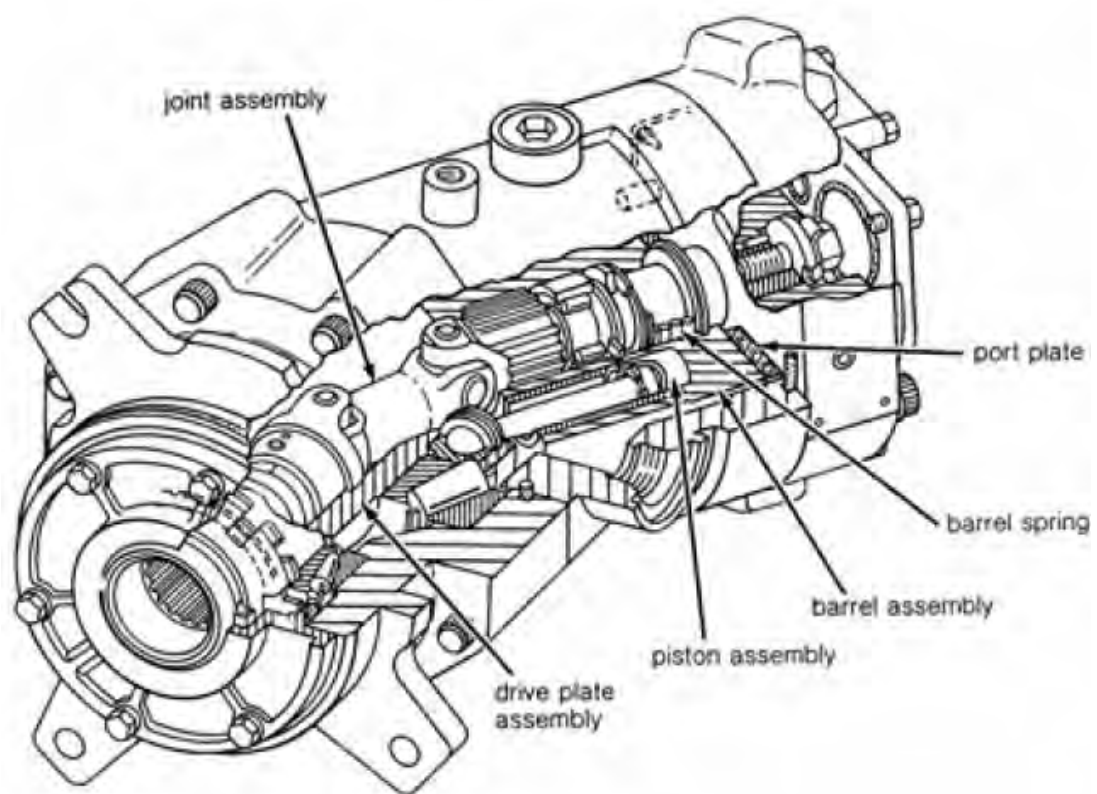
berhubungan. Lepaskan cover (penutup) lubang pengisian oli hanya jika mesin telah dimatikan, dan cover (penutup) lubang pengisian telah cukup dingin jika dipegang dengan tangan telanjang.

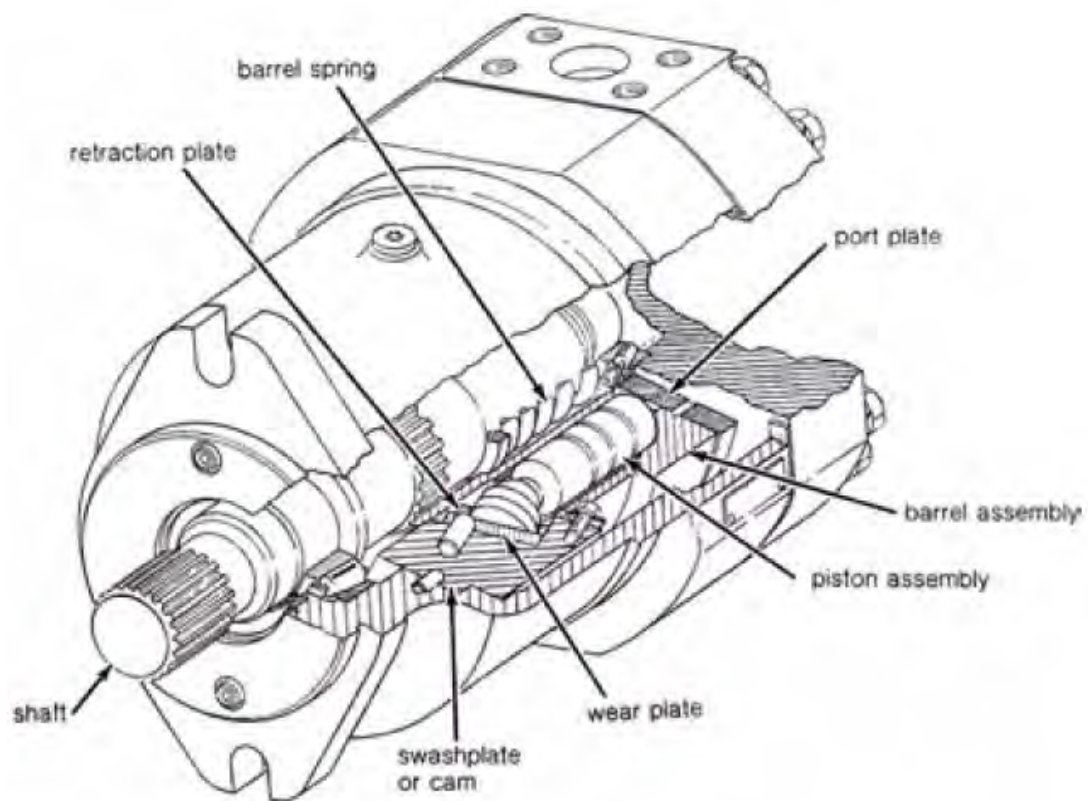
Pengidentifikasian komponen

Axial piston pump

Pompa ini digerakkan oleh mesin. Jika mesin berjalan, maka *shaft* pompa, *retraction plate*, *barrel assembly* dan *piston assembly* dalam *barrel assembly* akan berputar semua. Pompa bisa berupa pompa *variable displacement* (Gambar 3.101) atau *fixed displacement* (Gambar 3.102). Beberapa pompa memiliki *impeller*, yang juga turut berputar. *Impeller* ini terletak pada rangkaian *head* dan meningkatkan masukan tekanan oli.

Gambar 3.101 Komponen-komponen a*xial piston pump (variable displacement)*

Gambar 3.102 Komponen-komponen a*xial piston pump (fixed displacement)*

Gambar 3.103 menunjukkan pompa jenis *variable displacement* atau motor jenis *link*.

Gambar 3.103 Komponen-komponen pompa jenis *variable displacement* atau motor jenis *link*

Gambar 3.104 menunjukkan pompa jenis *fixed displacement* atau motor jenis *link.*

Gambar 3.104 Komponen-komponen pompa jenis *fixed displacement* atau motor jenis *link*

Gambar 3.105 Menunjukkan motor fixed displacement (jenis *slipper*).

Gambar 3.105 Komponen-komponen motor *fixed displacement* (jenis *slipper*)

MEMBONGKAR *HYDRAULIC PISTON PUMP*

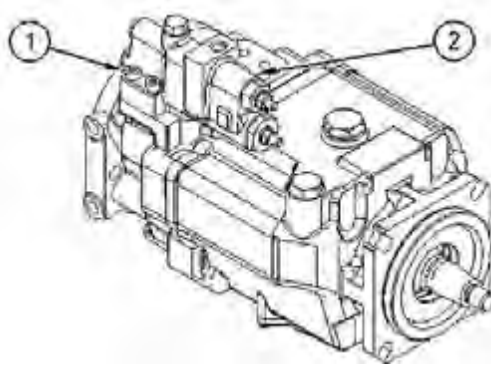
PERHATIAN !

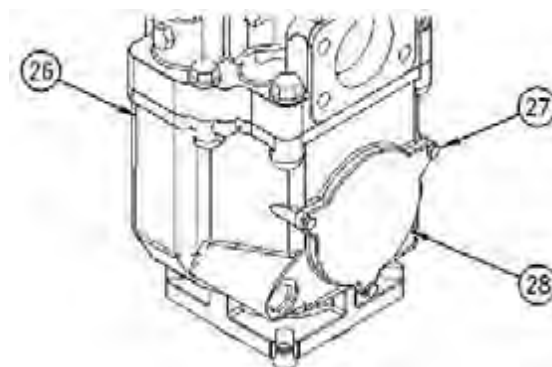
Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

1. Lepaskan pompa/motor dari perlengkapan yang akan diperbaiki. Patuhi prosedur pembongkaran pompa/motor dari pembuatnya. Gunakan peralatan yang sesuai dan patuhi prosedur keselamatan yang ditentukan pembuatnya.

2. Lepaskan *bolt* (1) dari *valve group* (2). Lepaskan *valve group* (2) dari pompa piston.

Gambar 3.106 Langkah 2

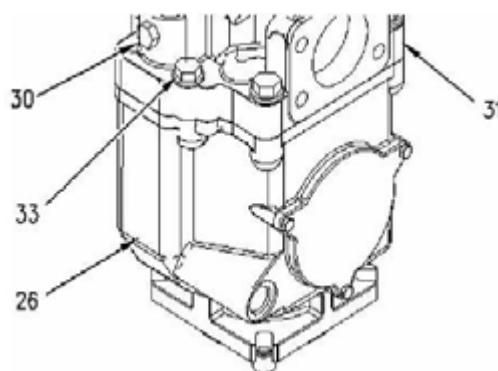
3. Lepaskan *bolt* (27) dan lepaskan *cover* (28) dari *housing* (26).

Gambar 3.107 Langkah 3

4. Lepaskan *O-ring seal* (19) dari *housing* (26).

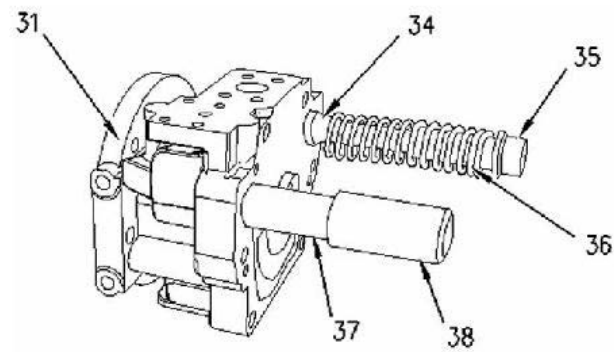
Gambar 3.108 Langkah 4

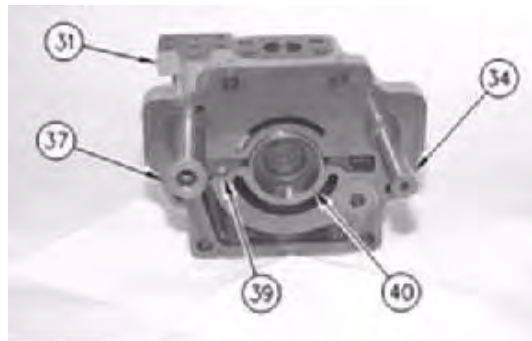
PERINGATAN !

Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

5. Lepaskan *plug* (30) dari *head* (31). Lepaskan *bolt* (33) secara perlahan untuk melepas kekuatan *spring* pada *valve assembly*.
6. Lepaskan *head* (31) dari *housing* (26).

Gambar 3.109 Langkah 5 dan 6

7. Lepaskan *piston* (35) dan lepaskan *spring* (36) dari *piston rod* (34).

8. Lepaskan *piston* (8) dari *piston rod* (37).

Gambar 3.110 Langkah 7 dan 8

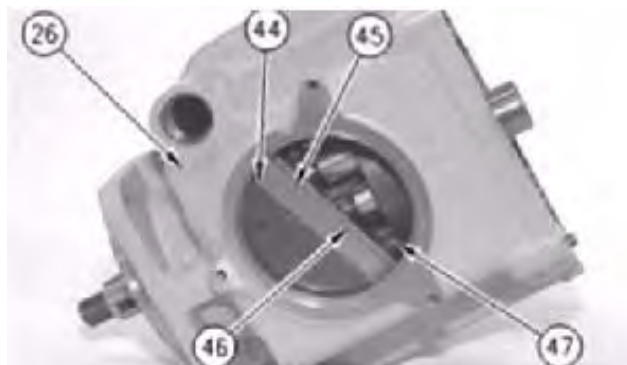
9. Lepaskan *pin* (39) dari *head* (31).
10. Lepaskan *piston rod* (34) dari *head* (31) jika perlu dilepas.
11. Lepaskan *piston rod* (37) dari *head* (31) jika perlu dilepas.

Gambar 3.111 Langkah 9, 10 dan 11

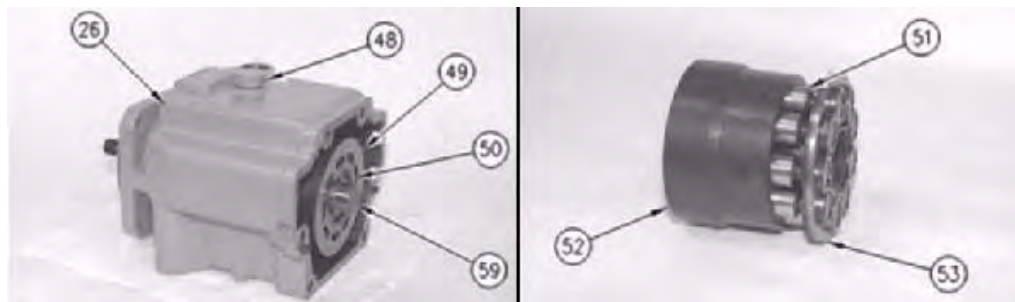
12. Gunakan *bearing cup* puller (A) untuk melepas *bearing cup* (40) dari *head* (31).

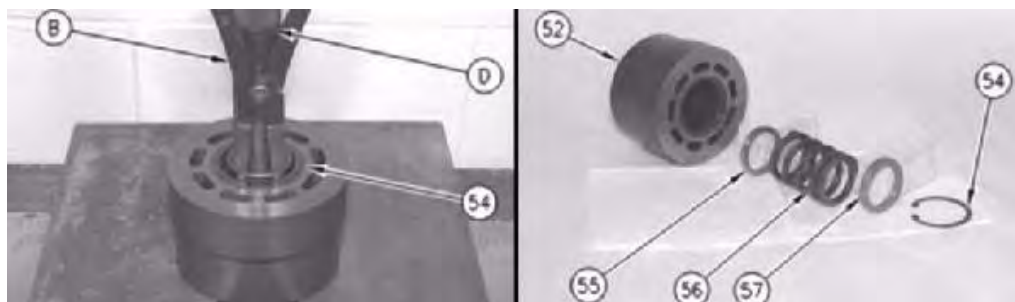
Gambar 3.112 Langkah 12

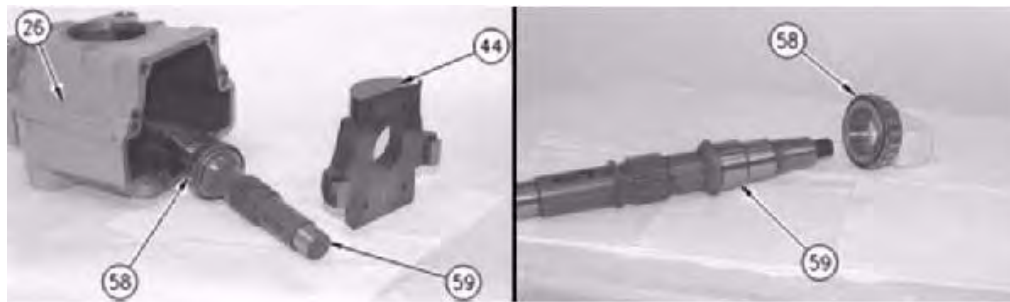
13. Lepaskan *bearing cone* (42). Lepaskan *shim* (41) yang berada di bawah *bearing*. Lepaskan *plate* (43) dari *pump group*. Lepaskan *pin* (Z) dari *housing* pompa.

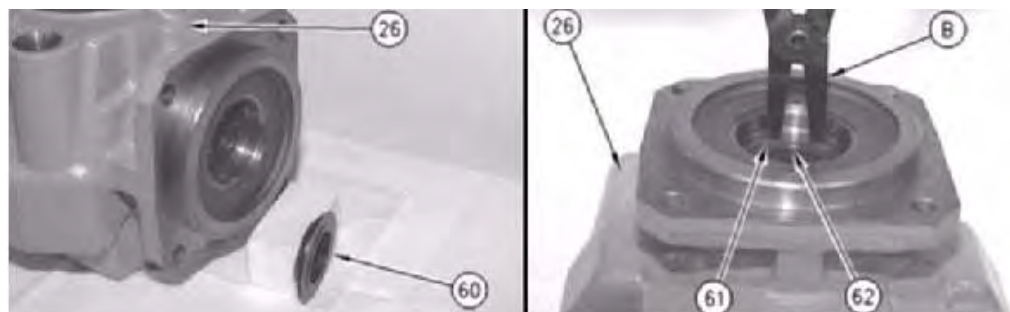
Gambar 3.113 Langkah 13

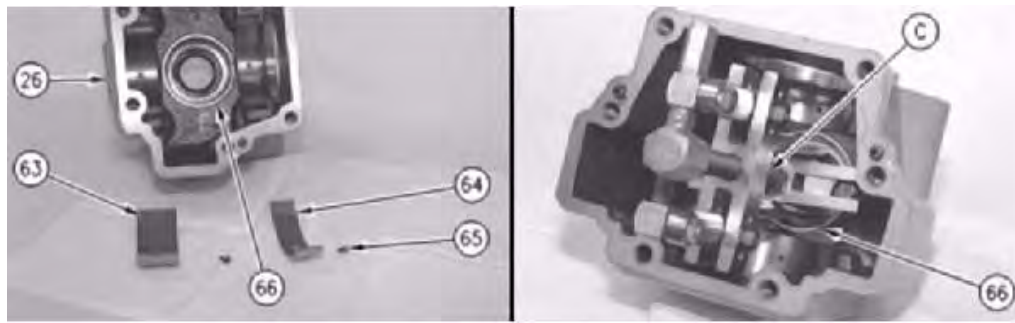
14. Lepaskan *bolt* (47). Lepaskan *locking plate* (46) dan lepaskan *spacer plate* (45) dari *swashplate* (44).

Gambar 3.114 Langkah 14

15. Lepaskan *plug* (48) dari *housing* (26).
16. Lepaskan *rotating group* (49) dan lepaskan *shim kit* (50) dari *shaft* (59).
17. Agar mudah dirakit kembali, beri penanda pada *piston* (51). Posisi tanda harus berhubungan dengan posisi *barrel* (52) dan *plate* (53). Lepaskan rangkaian *piston* (51) dan lepaskan *plate* (53) dari *barrel* (52).

Gambar 3.115 Langkah 15, 16 dan 17

18. Gunakan peralatan (D) dan gunakan tekanan untuk memampatkan *spring* (56). Gunakan *retaining ring plier* (B) untuk melepas sisa *ring* (54) dari *barrel* (52).
19. Lepaskan komponen berikut: dari *barrel* (52), *retaining ring* (54), *spacer* (57), *spring* (56) dan *spacer* (55).

Gambar 3.116 Langkah 18 dan 19

20. Agar mudah dirakit kembali, perhatikan arah *swashplate* (44) ke *housing* (26). Lepas *swashplate* (44). Lepas *shaft* (59) dan *bearing* (58) dari *housing* (26).
21. Lepaskan *bearing cone* (58) dari *shaft* (59).

Gambar 3.117 Langkah 20 dan 21

22. Lepaskan *shield* (60) dari *housing* (26).
23. Gunakan *retaining ring plier* (B) untuk melepaskan *retaining ring* (61) dari *housing* (26). Lepaskan *lip seal* (62) dari *housing* (26).

Gambar 3.118 Langkah 22 dan 23

24. Lepaskan *bolt* (65). Lepaskan *bearing* (63) dan lepaskan *bearing* (64) dari *housing* (26).
25. Pergunakan *bearing cup puller* (C) untuk melepaskan *bearing cup* (66) dari *housing* (26).

Gambar 3.119 Langkah 24 dan 25

Prosedur Pembersihan

Sebelum suatu komponen diperiksa, cucilah terlebih dahulu dalam larutan bersih yang terbuat dari bensin. Cuci secara terpisah. Jika beberapa komponen dicuci bersamaan, ada kemungkinan permukaan mesin rusak. Gunakan udara bertekanan untuk mengeringkan komponen. Beri oli hidrolik pada komponen untuk mencegah karat atau korosi. Tempatkan dalam wadah yang bersih. Gunakan handuk yang bebas bulu untuk membersihkan komponen sebelum dirakit. Pastikan untuk memberi oli pada semua bagian komponen sebelum merakitnya kembali.

Pemeriksaan Berbagai Komponen

Pompa piston dan komponen motor biasanya menunjukkan pola wear (keausan) yang dapat dilihat namun tidak dapat dirasakan kuku jari atau ujung pensil setelah prosedur penyelamatan. Jenis keausan ini tidak berdampak pada kinerja komponen. Kecuali dinyatakan lain, komponen yang memiliki pola keausan yang dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil setelah prosedur penyelamatan tidak dapat digunakan kembali. Pada seluruh bagian ini, pemeriksaan dengan kuku jari atau ujung pensil akan menentukan apakah komponen dapat dipergunakan kembali.

Dalam hal ini tidak dibahas khusus tentang pemeriksaan komponen. Tetapi anda dapat mencari informasi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan pemeriksaan komponen pompa hidrolik.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Jangan pernah memasang suatu bagian lagi jika tidak sesuai dengan spesifikasi pembuatnya. Selalu perbaiki penyebab keausan pompa. Komponen dalam pompa hidrolik dan motor bekerja bersamaan untuk menghasilkan aliran atau torsi. Efisiensi sebuah unit sangat beragam, sesuai dengan hilangnya aliran pada kelompok komponen tertentu. Pastikan untuk menguji semua pompa yang telah dirakit kembali agar kinerjanya memenuhi syarat. Pergunakan acuan menurut panduan pembuatnya sebagai spesifikasi testing (pengujian).

Prosedur *touch lapping*

Pada bagian ini, prosedur *touch lapping* digunakan pada beberapa bagian sehingga dapat digunakan kembali. Prosedur *touch lapping* tidak akan membuat permukaan komponen "tampak rata seperti baru" kembali. Prosedur ini digunakan untuk menghilangkan pudarnya warna dan tanda kecil pada permukaan.

MERAKIT *HYDRAULIC PISTON PUMP*

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut. Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur

pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang dipergunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

Catatan : *Axial endplay* harus disesuaikan jika *swashplate, swashplate bearing, shaft, shaft bearing, head* atau *housing* telah diganti. Baca spesifikasi pembuatnya untuk penyesuaian, "*Bearing Endplay*".

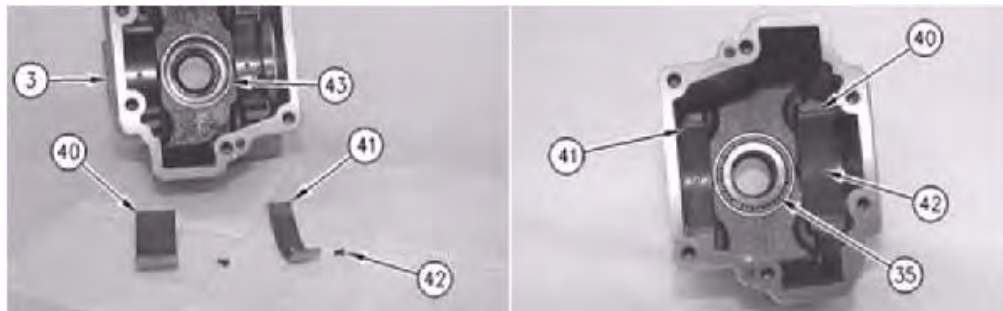
Catatan : Baca spesifikasi pembuatnya untuk penyesuaian, "*bolt torque*".

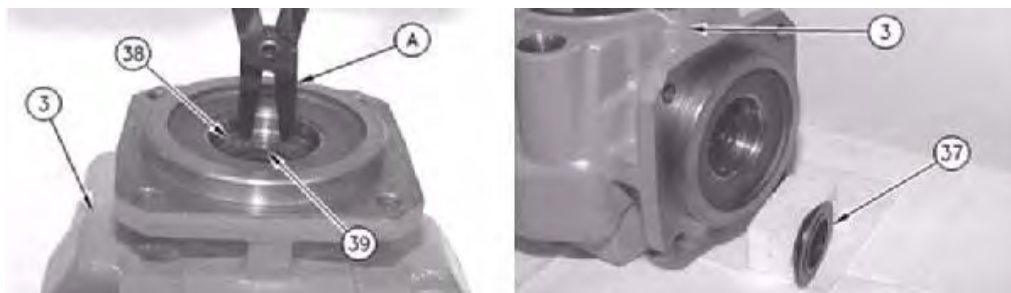
Tabel 3.4 Peralatan merakit *hydraulic piston pump*

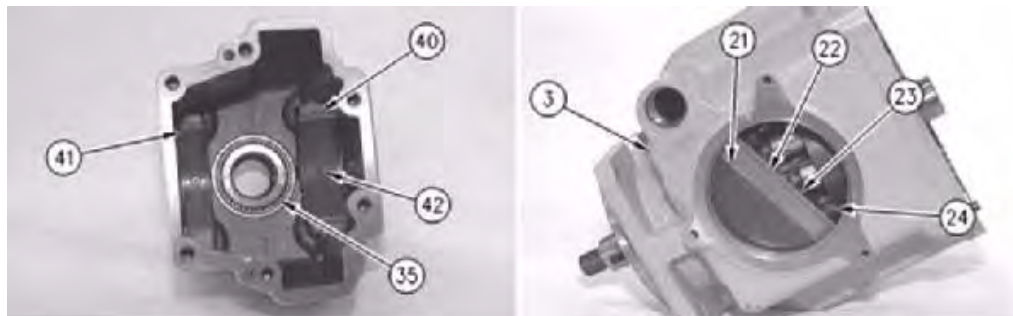
Peralatan yang dibutuhkan			
Peralatan	**Nomor peralatan**	**Keterangan peralatan**	**Jumlah**
(A)	1P-1856	Plier	1
(B)	1P-0510	Kelompok driver	1
(C)	8T-5096	Kelompok dial indicator	1

1. Selama perakitan pompa piston, periksa kondisi semua *O-ring seal* dan *lip seal* yang digunakan pompa. Jika ada yang rusak, ganti komponen.
2. Turunkan suhu *bearing cup* (17). Pasang *bearing cup* (17) pada *head* (8). Pasang *bearing cup* (17) sampai *bearing cup* kencang.

Gambar 3.120 Langkah 2

3. Turunkan suhu *bearing cup* (43). Pasang *bearing cup* dalam *housing* (3). Pasang *bearing cup* (43) sampai kencang pada *housing* (3).
4. Pasang *bearing* (35) pada *housing* (3).
5. Pasang *bearing* (40) dan *bearing* (41) pada *housing* (3). Pasang *set screw* (42).

Gambar 3.121 Langkah 3, 4 dan 5

6. Gunakan peralatan (B) untuk memasang *lip seal* (39) pada *housing* (3) sampai *lip seal* kencang. *Sealing lip* harus menghadap ke dalam. Lumasi *sealing lip* degan oli hidrolik sebelum dipasang. Pasang *retaining ring* (38) pada *housing* (3).
7. Pasang *shield* (37) pada *housing* (3).

Gambar 3.122 Langkah 6 dan 7

8. Lumuri oli hidrolik pada *bearing* (41) dan *bearing* (42). Oli hidrolik akan menahan *swashplate* (21) pada posisi selama langkah berikut. Pasang *swashplate* (21) pada *housing* (3). *Swashplate* (21) harus pas pada *bearing* (41) dan *bearing* (42).

Gambar 3.123 Langkah 8

9. Letakkan *housing* (3) pada *support block* untuk memberi ruang pada saat pemasangan *shaft* (36). *Shaft* (36) memanjang sampai ujung *housing* (3). Pasang *shaft* (36) melalui *swashplate* (21), melalui *bearing* (35) (tidak terlihat), dan melalui *housing* (3).

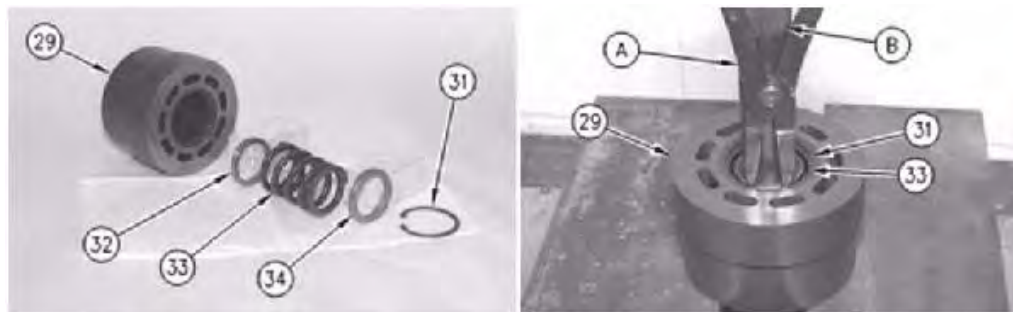
Gambar 3.124 Langkah 9 dan 10

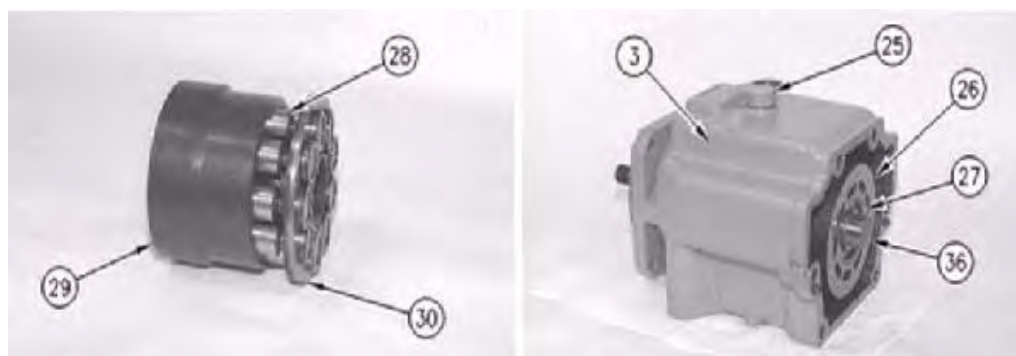
10. Pasang *plug* (25) pada *housing* (3). Pasang *O-ring seal* pada *housing* (3). Kencangkan *plug* (25) dengan torsi yang telah ditentukan pembuatnya.

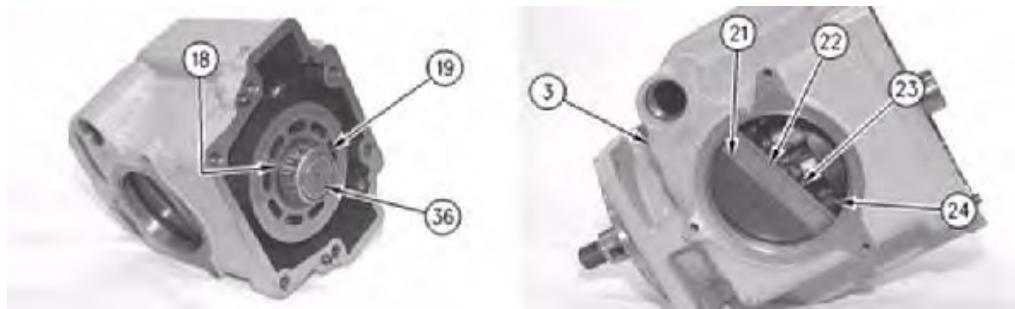
PERINGATAN !

Pemasangan komponen yang memiliki pegas dengan tidak layak dapat menyebabkan luka.

Untuk mencegah kemungkinan terluka, patuhi prosedur perakitan dan kenakan peralatan perlindungan.

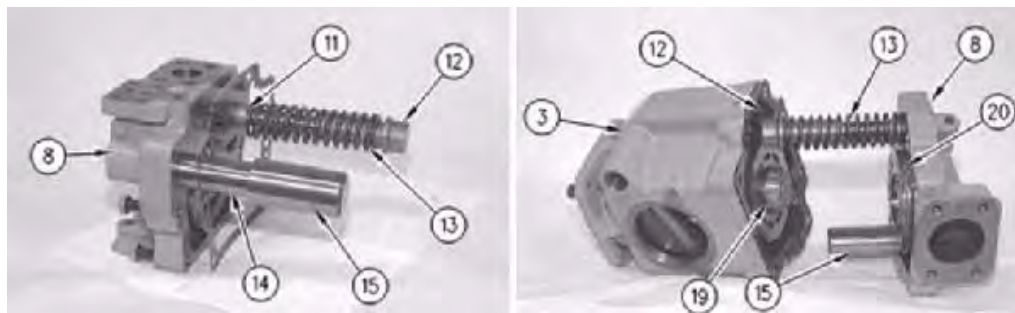
11. Pasang *spacer* (32), *spring* (33), dan *spacer* (34) pada *barrel* (29).
12. Gunakan tekanan yang sesuai untuk memampatkan *spring* (33).
13. Pasang *retaining ring* (31) pada *barrel* (29).

Gambar 3.125 Langkah 11, 12 dan 13

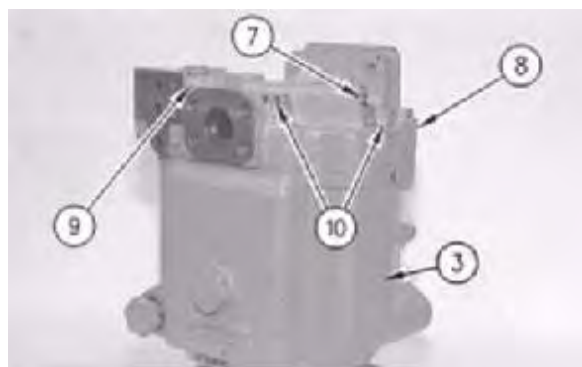
14. Pasang *piston* (28) pada lokasi awal dalam *spacer* (30) dan *barrel* (29). Untuk hasil terbaik, tempatkan *barrel* tegak ke atas. Masukan *piston* ke dalam *spacer* (30). Angkat *piston* dengan *spacer* (30). Masukkan *piston* ke dalam *barrel* (29).
15. Tempatkan *housing* (3) secara horizontal. Pasang *rotating group* (26) dan pasang *shim kit*.

Gambar 3.126 Langkah 14 dan 15

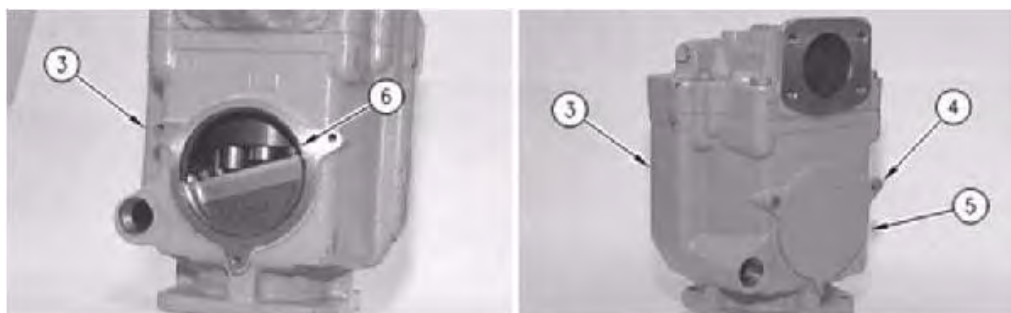
16. Pasang *bearing* (19) dan *shim* (18) pada *shaft* (36).
17. Tempatkan dua *spacer* (22) dan dua *locking plate* (23) pada posisi awal pada *swashplate* (21).
18. Gunakan *thread lock compound* pada *bolt* (24). Pasang empat *bolt* (24) untuk menahan *plate* (23) dan *spacer* (22) pada *swashplate* (21). Kencangkan *bolt* (24) dengan torsi yang ditentukan pembuatnya.

Gambar 3.127 Langkah 16, 17 dan 18

19. Pasang *pin* (16) pada *head* (8).
20. Gunakan *thread lock compound* pada *piston rod* (11) dan *piston rod* (14).
21. Pasang *piston rod* (11) dan *piston rod* (14) pada *head* (8). Kencangkan *piston rod* (11) dan *piston rod* (14) sesuai torsi yang ditentukan pembuatnya.

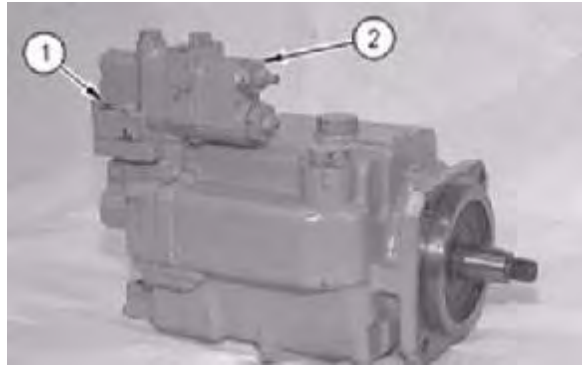
Gambar 3.128 Langkah 19, 20 dan 21

22. Pasang *spring* (13), *piston* (12), dan *piston* (15) pada *head* (8).
23. Gunakan lapisan "*Silicone lubricant*" untuk menahan *plate* (20) pada *head* (8) selama perakitan.
24. Tempatkan *head* (8) dan gasket ke dalam *housing* (3) dan *bearing* (19).

Gambar 3.129 Langkah 22, 23 dan 24

25. Pasang *bolt* (9) dan *bolt* (10). Pasang *O-ring seal* pada *head* (8). Kencangkan *plug* (7) sesuai torsi yang ditentukan pembuatnya.
26. Pasang *plug* (7) pada *head* (8). Pasang *O-ring seal* pada *head* (8). Kencangkan *plug* (7) sesuai torsi yang ditentukan pembuatnya.

Gambar 3.130 Langkah 25 dan 26

27. Pasang *O-ring seal* (6) pada *housing* (3).
28. Pasang *cover* (5) dan pasang *bolt* (4) pada *housing* (3). Kencangkan *bolt* (4) sesuai torsi yang ditentukan pembuatnya.

Gambar 3.131 Langkah 27 dan 28

29. Pasang *valve group* (2) dan pasang *bolt* (1) pada pompa.

.

Gambar 3.132 Langkah 29

Tugas Praktik

1. Identifikasi *hydraulic piston pump* yang yang digunakan untuk praktik pembongkaran dan perakitan.
2. Buatlah perencanaan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic piston pump.*
3. Lakukanlah proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic piston pump*.
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic piston pump*, anda bisa mempresentasikan dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada gambar *hydraulic piston pump*.
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam *hydraulic piston pump* tipe lainnya,.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

I. Membongkar Dan Merakit Silinder Hidrolik

Bagian ini akan memperkenalkan tentang membongkar dan merakit *actuator hydraulic* yaitu silinder hidrolik.

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang digunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut.

Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

PERINGATAN !

Anda dapat terluka karena oli hidrolik bertekanan dan oli panas. Pelumas hidrolik bertekanan kadang-kadang masih tersisa dalam sistem hidrolik jauh setelah mesin dimatikan. Anda dapat terluka cukup parah jika tekanan ini tidak dikeluarkan terlebih dahulu ketika melakukan perbaikan pada sistem hidrolik.

Pastikan Anda telah melepaskan semua pengaitnya, dan suhu oli telah dingin sebelum Anda melepaskan berbagai komponen atau kabel yang berhubungan. Lepaskan cover (penutup) lubang pengisian oli hanya jika mesin telah dimatikan, dan cover (penutup) lubang pengisian telah cukup dingin jika dipegang dengan tangan telanjang.

Pengidentifikasian komponen

Gambar 3.133 Silinder hidrolik

Tiga rancangan silinder Caterpillar. Dari atas ke bawah: *Bolted head Cylinder, threaded crown cylinder*, dan *threaded gland cylinder*. Lihat Tabel 3.5 untuk penjelasan tentang item-itemnya.

Tabel 3.5 Komponen-komponen *hydraulic cylinder*

Lihat Gambar 3.133			
No.	**Nama komponen**	**No.**	**Nama komponen**
1	*Eye*	8	*Trunnion bearing*
2	*Tube*	9	*Trunnion*
3	*Head*	10	*Bolt*
4	*Threaded crown*	11	*Flange*
5	*External thread*	12	*Internal thread*
6	*Weld joint*	13	*Threaded gland*
7	*End cap*		

Membongkar Silinder Hidrolik

PERHATIAN !

Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

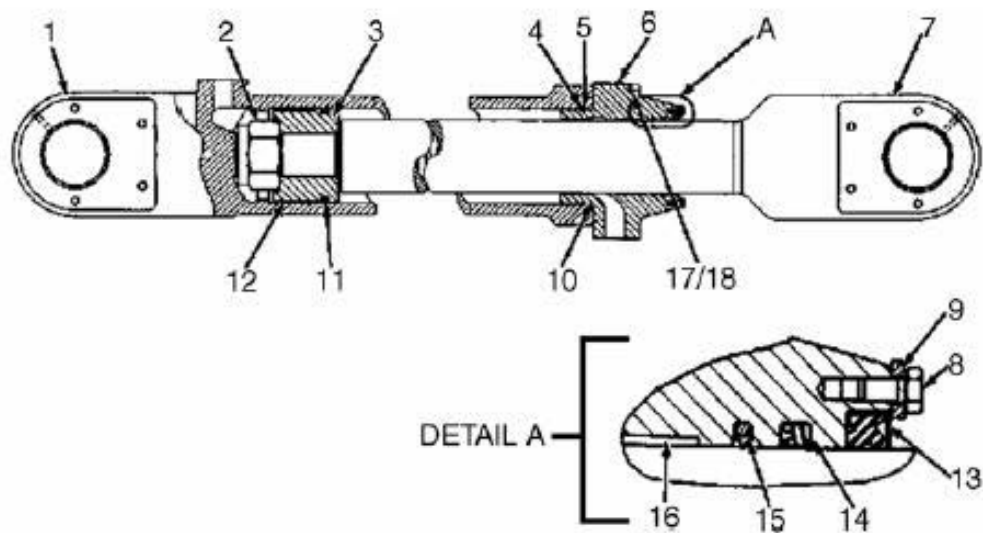
Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

1. Lepaskan terlebih dahulu silinder hidrolik dari peralatan yang akan diperbaiki. Gunakan prosedur pembongkaran silinder hidrolik dari pembuatnya. Gunakan peralatan yang tepat dan patuhi prosedur keselamatan seperti yang ditegaskan oleh pembuatnya.

Tabel 3.6 Peralatan membongkar silinder hidrolik

Peralatan yang dibutuhkan	A	B	C
Hydraulic cylinder repair stand	1		
Electric hydraulic pump	1		
Socket		1	
Driver group			1

2. Tempatkan *stick silinder* pada perlengkapan (A)
3. Lepaskan *bolt* (17) dan *washer* (18) yang menahan *head* (6) pada rangkaian *cylinder* (1).
4. Gunakan peralatan (A) untuk menggeser *rod assembly* (7) keluar dari *cylinder assembly* (1).
5. Lepaskan *ring* (12) dan *seal* (11) dari *piston* (3).
6. Gunakan perlengkapan (B), lepaskan *locknut* (2) yang menahan *piston* (3) pada *rod assembly* (7). Lepaskan *piston* dari *rod assembly*.

7. Geser *cylinder assembly* (1) kembali pada *rod assembly*. Pasang *bolt* (17) dan *washer* (18) yang menahan *head* (6) pada *cylinder assembly*. Tarik *cylinder assembly* dan *head* (6) sebagai unit terpisah dari *rod assembly*. Lepaskan *head* dari *cylinder assembly*.

Gambar 3.134 Langkah 3 sampai dengan langkah 8

8. Lepaskan *O-ring seal* (4), *ring* (5), *seal* (10), *ring* (16), *seal* (15), *seal* (14), *bolt* (8), *washer* (9), dan *seal* (13) dari *head* (6).

Prosedur Pembersihan

Sebelum suatu komponen diperiksa, cucilah terlebih dahulu dalam larutan bersih yang terbuat dari bensin. Cuci secara terpisah. Jika beberapa komponen dicuci bersamaan, ada kemungkinan permukaan mesin rusak. Gunakan udara bertekanan untuk mengeringkan komponen. Beri oli hidrolik pada komponen untuk mencegah karat atau korosi. Tempatkan dalam wadah yang bersih. Gunakan handuk yang bebas bulu untuk membersihkan komponen sebelum dirakit. Pastikan untuk memberi oli pada semua bagian komponen sebelum merakitnya kembali.

Proses honing menciptakan partikel abrasif dalam jumlah besar yang harus dibersihkan dari silinder sebelum tersegel. Partikel abrasif ini bisa berupa partikel batu, partikel binder yang menahan partikel batu, bahan *guide*, atau logam dari *bore cylinder*. Partikel abrasif segala jenis ini dapat mempercepat keausan atas *hydraulic cylinder seal* serta komponen lain dalam sistem hidrolik.

Setelah honing, biarkan oli honing terbuang dari rangkaian silinder. Lepaskan rangkaian silinder pada wilayah yang sesuai dan cuci rangkaian silinder ID dan OD. Jika silinder tidak dirangkai untuk beberapa waktu, maka lapisi semua permukaan logam dengan oli hidrolik bersih dan sumbat semua bukaan. Bukaan barrel harus memiliki cover (penutup) untuk melindunginya.

Pemeriksaan Berbagai Komponen

Dalam hal ini tidak dibahas khusus tentang pemeriksaan komponen. Tetapi anda dapat mencari informasi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan pemeriksaan komponen silinder hidrolik.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Jangan pernah memasang suatu bagian lagi jika tidak sesuai dengan spesifikasi pembuatnya. Selalu perbaiki penyebab keausan pompa. Komponen dalam pompa hidrolik dan motor bekerja bersamaan untuk menghasilkan aliran atau torsi. Efisiensi sebuah unit sangat beragam, sesuai dengan hilangnya aliran pada kelompok komponen tertentu. Pastikan untuk menguji semua pompa yang telah dirakit kembali agar kinerjanya memenuhi syarat. Pergunakan acuan menurut panduan pembuatnya sebagai spesifikasi testing (pengujian).

PERINGATAN !

Re-rodding, pelurusan, atau pembangunan dengan las, untuk segala rod yang dipergunakan dalam *steering cylinder*, *scraper bowl* atau *front*

suspension cylinder pada *truck* dapat berakibat cedera/luka atau kematian. Rod-rod jenis ini dapat digerinda dan dilapisi krom, namun hanya jika dilakukan sesuai spesifikasi pembuatnya.

Merakit Silinder Hidrolik

Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang dipergunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut.

Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

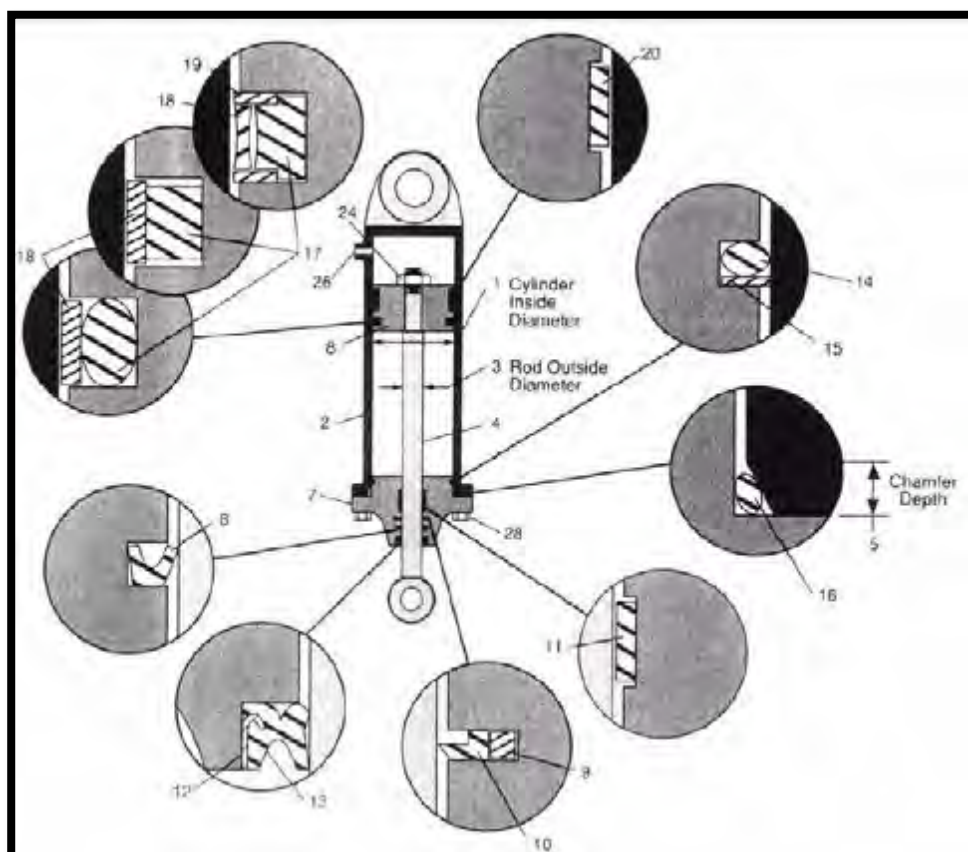
Tabel 3.7 Peralatan merakit silinder hidrolik

Nomor Komponen	Peralatan yang dibutuhkan
A	Driver Gp.
B	Seal Installer Gp.
C	Hydraulic cylinder repair stand
D	Seal guide
E	Chain wrench
F	Spanner wrench

1. Bersihkan semua komponen *cylinder* dan *rod* yang menghasilkan atau mungkin menyimpan kotoran atau *rust* (berkarat).

2. Ukur *inside diameter* (ID) (1) dari *cylinder assembly* (2) dan *outside diameter* (OD) (2) dari *rod* (4) untuk memastikan ukuran *seal* yang sesuai telah terpasang.
3. Ukur kedalaman *chamfer* (5) pada ujung *cylinder assembly*. *Cylinder* membutuhkan pengerjaan kembali kecuali *chamfer* memenuhi spesifikasi berikut ini:

Tabel 3.8 Kedalaman *chamfer*

Ukuran *chamfer*	
Ukuran diameter	**Kedalaman maksimal *chamfer***
Standar	9,65 (0,380)
Oversize 0,25 (0,010)	9,14 (0,360)
Oversize 0,76 (0,030)	8,13 (0,320)
Oversize 1,52 (0,060)	6,35 (0,250)

Gambar 3.135

4. Pasang *black rubber expander ring* (9) pada dua buah *buffer seal* pada bagian paling dalam *seal groove cylinder head* (7).
5. Pasang plastik *seal ring* (10) *buffer seal assembly* di atas *rubber expander ring* dengan *step* pada *seal* yang menghadap ke *piston* (8). *Seal ring* ini sangat tahan lama dan dapat dilipat menjadi bentuk ginjal untuk mempermudah pemasangan.
6. Pasang *U-cup seal* (6) pada *centre seal groove* dengan ujung terbuka "U" menghadap ke *piston*.
7. Pasang *head wear ring* (11). *Head wear ring* ini adalah pengembangan baru dalam rancangan silinder kering yang dapat menghilangkan kerusakan *rod/head scoring*.
8. Gunakan amplas atau amplas emery untuk membuat permukaan *counterbore* (12) dalam *cylinder head* dan *outside diameter double lip wiper seal* (13) menjadi kasar.
9. Cuci *counterbore* dan *outside diameter double lip seal* dengan pembersih. Seka dengan handuk bersih bebas serabut.

Catatan : *Metal shell double lip wiper* ini dilapisi dengan penghambat korosi yang mungkin akan mencegah perekatan *seal* dengan baik pada *cylinder head* jika tidak dihilangkan dengan *degreasing*. Setelah melakukan *degreasing*, jangan sentuh *counterbore* atau *metal shell* karena minyak dari jari Anda mungkin akan menghambat perekatan. Sentuh tepian lip saja.

10. Berikan *Primer* untuk kedua *counterbore* dan *metal shell double lip seal* dan biarkan mengering.
11. Berikan *bearing mount* secara merata tapi tidak berlebihan ke salah satu dari *counter bore* (12) atau *metal shell* dari *seal* (13), tidak ke keduanya.
12. Tekan *double lip wiper seal* ke *counterbore* (12) sampai metal shell terpasang dengan keras pada dasar *counterbore*. *Seal* (13) ini memiliki arah, sehingga lengkungan *metal shell* bersentuhan dengan pojok bawah *counterbore*. Gunakan Peralatan (A) atau *pusher plate*

satu ukuran yang tidak menyentuh *flip*, segel bagian luar *sealing lip*. Seka langsung sisa bahan penyegel (*sealant*) setelah perakitan.

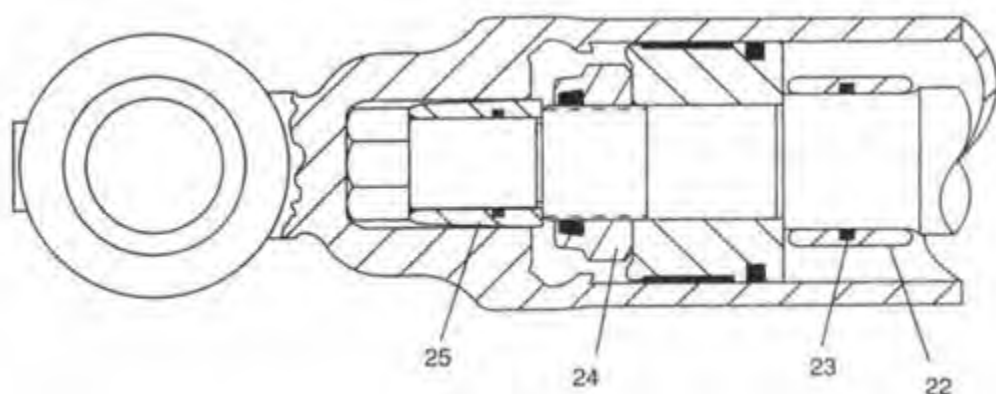
Catatan : Untuk memastikan perekatan yang kuat, biarkan *double lip seal* atau masukkan *cylinder rod* ke dalam *head* selama paling tidak 15 menit.

13. Pasang *inside diameter* besar *O-ring* (14) pada *head seal groove*. Pastikan *O-ring* tidak terlipat.
14. Pasang *back up ring* (15) dekat dengan *O-ring*. Pastikan *back up ring* tidak terlipat. *O-ring* harus diarahkan ke *piston* dan *back up ring* menghadap *rod eye*. Jika silinder yang tengah diperbaiki membutuhkannya, pasang *oval head seal* (16) pada *head* sehinga berada di pojok *head flange*. Pada *excavator*, *tine oval seal* ditambahkan pada *O-ring* dan *back lip ring*.
15. Jika silinder telah mengalami penajaman *oversize*, pasang *oval head seal* (16) pada *head* sehinga berada di pojok *head flange*. Biarkan *head seal groove* (langkah 13 dan 14) kosong pada semua *oversize*.
16. Pasang *piston seal load ring* (1) (bagian dalam *piston seal*) pada ceruknya, pastikan bahwa *seal* tidak terlipat. *Load ring* mungkin berbentuk “T”, oval, persegi panjang, atau bulat pada perpotongannya.
17. Pasang *piston seal* (18) (bagian luar *seal assembly*) pada *piston*. Jika menggunakan empat *piston seal*, berikan *back up ring* (19) pada sisi *seal*. Jika menggunakan *split piston seal*, jangan potong ujung *seal* untuk mempermudah pemasangan. *Non split Teflon® ring* mungkin membutuhkan penggunaan peralatan (B).
18. Pasang *wear ring* (20) pada *piston*.
19. Pasang *rod assembly* dan *cylinder assembly* dengan Peralatan (C). Gunakan *adapter plate* dan *fixture* jika dibutuhkan sehingga komponen tidak bergerak selama mur/baut dikencangkan atau perangkaian *cylinder group*.

20. Lumasi *outside diameter rod* dan semua *rod seal* dengan oli hidrolik yang bersih.
21. Pasang *head* pada *rod* dengan Peralatan (D) untuk melindungi *seal*. Jika *threaded crown cylinder* tengah diperbaiki, sementara lindungi *rod* dengan handuk atau bantalan empuk. *Geser crown* (21) ke *rod* sebelum memasang *head*.
22. Pasang *piston* ke dalam *rod* dengan *piston wear ring* menghadap ke *threaded end rod*.

    Beberapa silinder *excavator* menggunakan *snubber* (22) yang dipasang sebelum piston. Tentukan apakah *snubber* menggunakan *U-cup seal* (23) pada *inside diameter*-nya, dan pasang *snubber* di depan *piston*.

    Beberapa rancangan silinder membutuhkan hal tersebut terpasang pada *rod* sebagai tambahan ditahan dengan *nut* atau *bolt*. Jika silinder menggunakan *thread* pada *piston*, lihat buku “Panduan Perbaikan” untuk prosedur rangkaian yang sesuai dan torsi pengencangan.

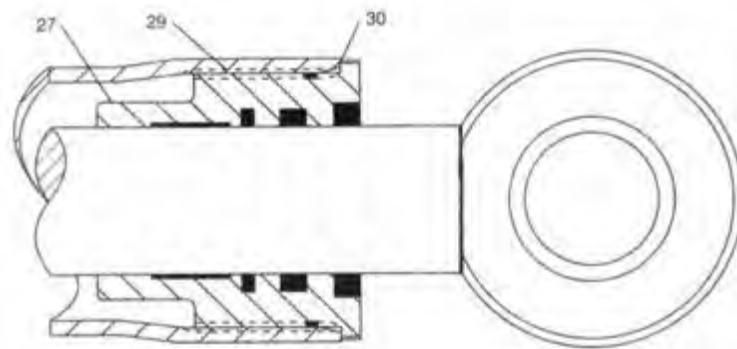
Catatan : 966D, 96611, dan 966F *lift cylinder* dan semua *threaded gland cylinder* memiliki *piston* sehingga *wear ring* jauh dari *threaded end rod*.

Gambar 3.136

23. Amankan *piston* dengan *elastic-insert nut* (24) atau *bolt*. Kencangkan *nut* atau *bolt* dengan torsi yang sesuai.

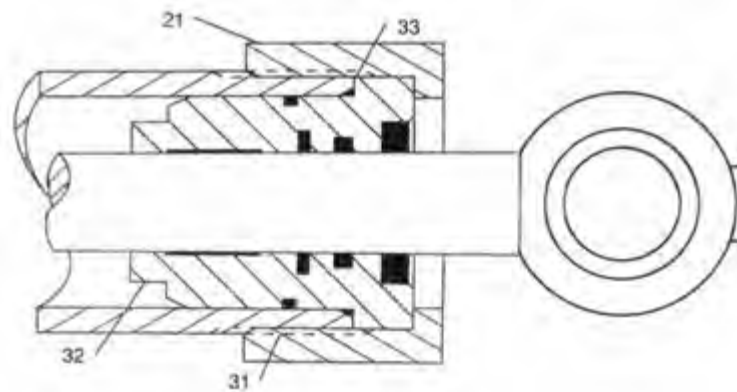
    Beberapa silinder *excavator* memiliki *snubber* tambahan (25) yang terletak pada ujung *rod*. Kencangkan *snubber* dengan *snap ring, nut* atau *bolt*.

24. Tarik *head* ke belakang berlawanan dengan *piston*, sehingga *piston* membantu menjalankan *head* dalam *cylinder bore*.
25. Lumasi *cylinder bore* dan *chamfer, piston arid seal,* dan *head seal* dengan oli hidrolik.
26. Ratakan rangkaian *rod* dan *cylinder piston* di tengah *cylinder bore*.
27. Putar *head* menghadap ke arah sesuai dengan tanda yang dibuat ketika mombongkarnya.
28. Gunakan Peralatan (C) untuk mendorong *piston/head/rod assembly* ke ujung *cylinder assembly*.
29. Pilih *bolt* (28) dengan panjang dan ukuran *thread* yang sesuai, dan panaskan *head* ke *cylinder assembly*, kendurkan *bolt* sesuai torsi pada buku “Panduan Perbaikan”. Pastikan *bolt* tidak mencapai dasar sebelum *head joint* kencang, atau akan terjadi kebocoran.
30. Periksa *thread* (29) pada *OD gland* dan *ID cylinder assembly*. Pastikan *thread* tidak rusak. *Thread* yang rusak akan mencegah keduanya melekat bersamaan.
31. Gunakan Peralatan (C) untuk mendorong *piston/head/rod assembly* ke ujung *cylinder assembly*.

Catatan : Ketika menggunakan Peralatan (C), berhati-hatilah dengan *gland head* (27) karena harus dimasukkan ke dalam *cylinder assembly*.

32. Masukkan *gland* (27) ke dalam *bore* sampai *flange* bersentuhan dengan ujung *cylinder assembly* (30), dan kencangkan dengan Peralatan (F). Lihat buku “Panduan Perbaikan”.

Gambar 3.137

33. Periksa *thread* (31) pada *OD cylinder assembly* dan *ID crown*. Pastikan *thread* tidak rusak. *Thread* yang rusak akan mencegah keduanya melekat bersamaan.
34. Gunakan Peralatan (C) untuk mendorong *piston/gland/rod* ke ujung *cylinder assembly*.

Catatan : Ketika menggunakan Peralatan (C), berhati-hatilah dengan *threaded crown* (21) karena harus dimasukkan ke dalam *cylinder assembly*.

Gambar 3.138

35. Kencangkan *crown* dengan Peralatan (E) sampai *head* (32) bersentuhan dengan ujung *cylinder assembly* (33).

Catatan : Jika *crown* (21) tidak sepenuhnya kencang, *oval seal* tidak akan mampat, dan menimbulkan kebocoran. Pemeriksaan ini sangat penting jika Anda menggunakan *oval head seal*.

36. Gunakan Peralatan (C) untuk memampatkan *rod* ke dalam silinder sampai dasar *piston*.
37. Gunakan *steel cover*, dan *gasket*, *plug*, atau selotip keras untuk menutup semua *port*.
38. Bersihkan *OD cylinder group*, berikan pencegah karat pada *rod*, dan cat *cylinder group* bila perlu.

Tugas Praktik

1. Identifikasi *cylinder hydraulic* yang yang digunakan untuk praktik pembongkaran dan perakitan.
2. Buatlah perencanaan proses pembongkaran dan perakitan *cylinder hydraulic.*
3. Lakukanlah proses pembongkaran dan perakitan *cylinder hydraulic*.
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan proses pembongkaran dan perakitan *cylinder hydraulic*, anda bisa mempresentasikan dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada gambar *cylinder hydraulic*.
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam *cylinder hydraulic* tipe lainnya,.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

J. Membongkar Dan Merakit Directional Control Valve

Bagian ini akan memperkenalkan tentang membongkar dan merakit *hydraulic directional control valve*. Kebersihan merupakan cara utama untuk memastikan panjang umur pakainya, baik untuk unit baru atau unit yang telah diperbaiki sebelumnya. Pembersihan bagian-bagian dengan menggunakan cairan pelarut dan dikeringkan di udara dianggap memadai, dengan anggapan bahwa cairan yang digunakan adalah bersih. Sementara itu untuk peralatan yang membutuhkan ketepatan/presisi, mekanisme internalnya harus bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut.

Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

PERINGATAN !

Anda dapat terluka karena oli hidrolik bertekanan dan oli panas. Pelumas hidrolik bertekanan kadang-kadang masih tersisa dalam sistem hidrolik jauh setelah mesin dimatikan. Anda dapat terluka cukup parah jika tekanan ini tidak dikeluarkan terlebih dahulu ketika melakukan perbaikan pada sistem hidrolik.

Pastikan Anda telah melepaskan semua pengaitnya, dan suhu oli telah dingin sebelum Anda melepaskan berbagai komponen atau kabel yang berhubungan. Lepaskan cover (penutup) lubang pengisian oli hanya jika mesin telah dimatikan, dan cover (penutup) lubang pengisian telah cukup dingin jika dipegang dengan tangan telanjang.

PERHATIAN !

Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

Membongkar *Combination Valve*

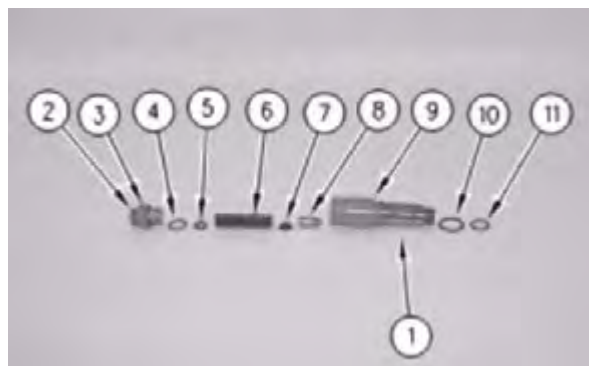
PERINGATAN !

Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

Catatan : Pasang *cover* dan *plug* pada semua bukaan untuk mencegah debu atau kotoran masuk ke dalam sistem. Kebersihan merupakan faktor yang sangat penting. Sebelum menjalankan prosedur pembongkaran, komponen luarnya harus dibersihkan dengan seksama. Ini akan membantu mencegah kotoran masuk ke komponen internal.

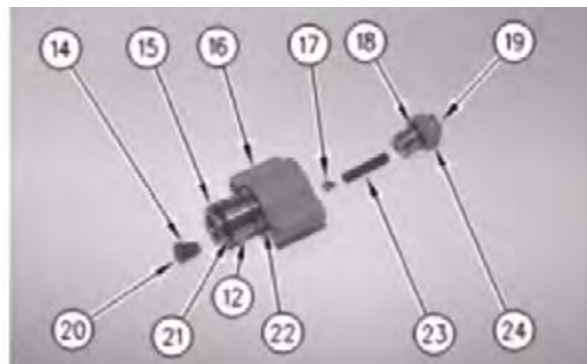
1. Lepaskan *relief valve* (1) dari *combination valve*.

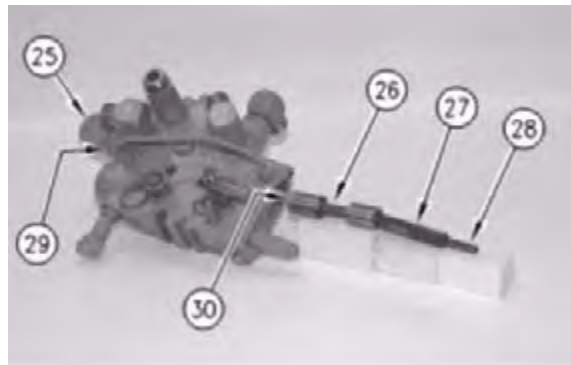
Gambar 3.139 Langkah 1

2. Untuk melepaskan tekanan *spring*, tahan *retaining assembly* (2) ketika Anda mengendurkan *retaining assembly* (2). Perlahan lepaskan *retaining assembly* (2). Lepaskan *bolt* (3), *O-ring seal* (4), *plate* (5), *spring* (6), *plate* (7), *valve* (8), *body* (9), *O-ring seal* (10), dan *O-ring seal* (11) dari *relief valve* (1).

Gambar 3.140 Langkah 2

3. Untuk melepaskan tekanan *spring*, tahan *steering relief valve* (12) ketika *bolt* (13) dikendurkan. Perlahan lepaskan *steering relief valve* (12) dari *combination valve*.

Gambar 3.141 Langkah 3

4. Untuk melepaskan tekanan *spring*, tahan *retainier assembly* (19) ketika *retainier assembly* dikendurkan. Perlahan lepaskan *retainier assembly* (19). Lepaskan *bolt* (24), *O-ring seal* (18), *spring* (23), *valve* (17), *body* (16), *O-ring seal* (22), *ring* (21), *O-ring seal* (15), *O-ring seal* (14), dan *seat* (20) dari *steering relief valve* (12).

Gambar 3.142 Langkah 4

5. Lepaskan *spring* (27), *spring* (28), dan *valve spool* (26) dari *combination valve*. Lepaskan *plug* (30) dari tiap ujung *valve spool* (26). Jika dibutuhkan, lepaskan *fitting* (25) dan lepaskan *plug* dan *O-ring seal* (29) dari dalam *combination valve*.

Gambar 3.143 Langkah 5

6. Lepaskan *signal relief valve* (31) dari *combination valve*.

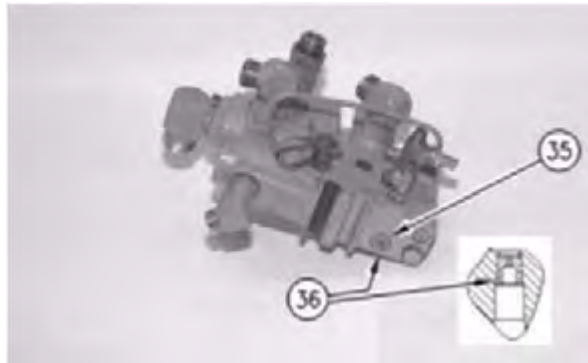
Gambar 3.144 Langkah 6

7. Lepaskan *O-ring seal* (33), *O-ring seal* (34), dan *nut* (32) dari *signal relief valve* (31).

Gambar 3.145 Langkah 7

PERINGATAN !

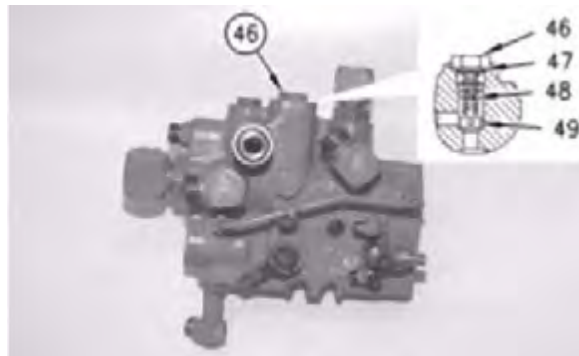
Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

8. Lepaskan *shuttle valve* (35) dari *combination valve*. Lepaskan *plug* (36) dari *combination valve*.

Gambar 3.146 Langkah 8

Catatan : Seat (44) dan Ball (45) (tidak tampak) dan tidak dapat diperbaiki.

9. Lepaskan *O-ring seal* (43), *back up ring* (37), *O-ring seal* (38), dan *back up ring* (39) dari *shuttle valve* (35). Lepaskan *back up ring* (40), *O-ring seal* (41), dan *back up ring* (42) dari *shuttle valve* (35).

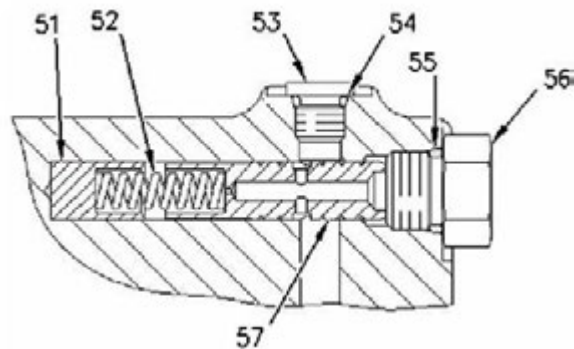
Gambar 3.147 Langkah 9

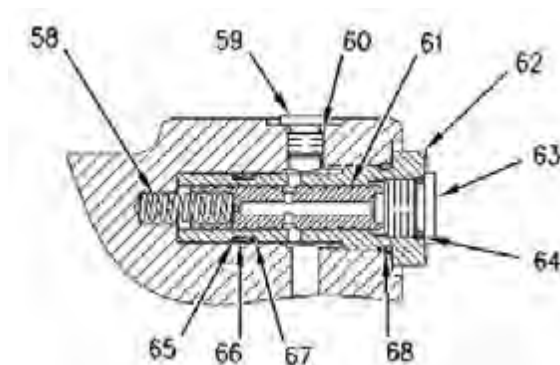
10. Untuk melepaskan tekanan *spring*, tahan *plug* (46), ketika *plug* (46) dikendurkan. Lepaskan *plug* (46), *spring* (48), dan *valve* (49) dari *combination valve*. Lepaskan *O-ring seal* (47) dari *plug* (46).

Gambar 3.148 Langkah 10

11. Untuk melepas tekanan *spring*, tahan *signal purge valve* (50) ketika *signal purge valve* dikendurkan. Perlahan lepaskan *signal purge valve* (50) dari *combination valve*.

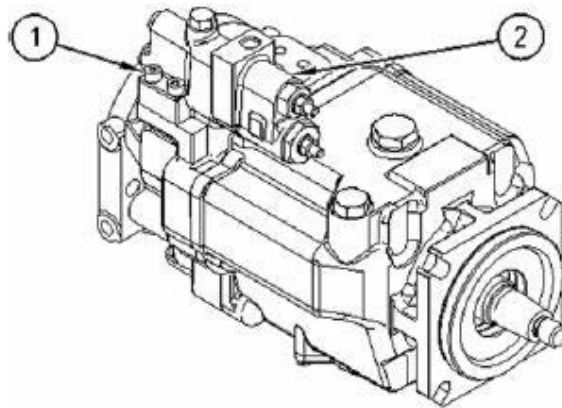
Gambar 3.149 Langkah 11

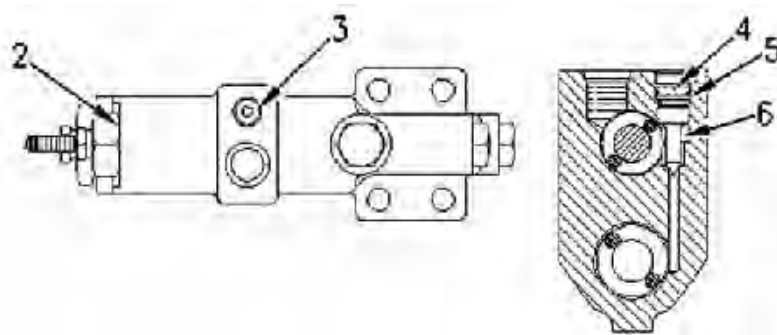
Catatan : Terdapat dua jenis *signal purge valve*. *Signal purge valve* (Jenis 1) terlihat pada langkah 12. *Singal purge valve* (Jenis 2) terlihat pada langkah 13.

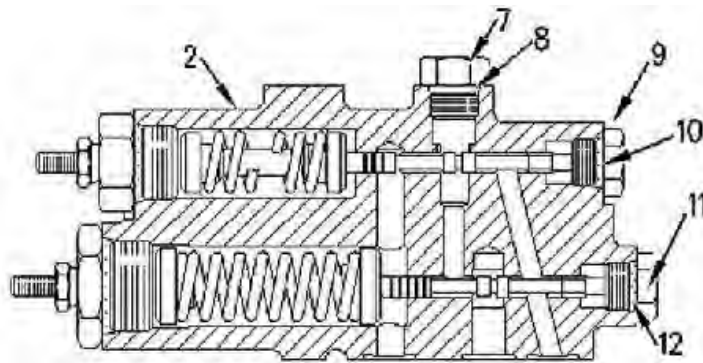
12. Lepaskan *plug* (56). Lepaskan *O-ring seal* (55) dari *plug* (56). Lepaskan *valve spool* (57), *spring* (52), dan *insert* (51) dari *combination valve*. Jika dibutuhkan, lepaskan *plug* (53) dan *O-ring seal* (54) dari *combination valve*.

Gambar 3.150 Langkah 12

13. Lepaskan *plug* (63). Lepaskan *O-ring seal* (64) dari *plug* (63). Lepaskan *valve spool* (61) dan *spring* (58) dari *valve body* (62). Lepaskan *valve body* (62) dari *combination valve*. Lepaskan *back up ring* (65), *O-ring seal* (66), *back up ring* (67), dan *O-ring seal* (68) dari *valve body* (62). Jika diperlukan, lepaskan *plug* (59) dan *O-ring seal* (60) dari *combination valve*.
14. Jika diperlukan, lepaskan sisa *plug* dan *O-ring* dari *combination valve*.

Gambar 3.151 Langkah 13 dan 14

Membongkar *Pump Control Valve*

1. Lepaskan *bolt* (1) dari *valve group* (2). Lepaskan *valve group* (2) dari *piston pump*.

Gambar 3.152 Langkah 1

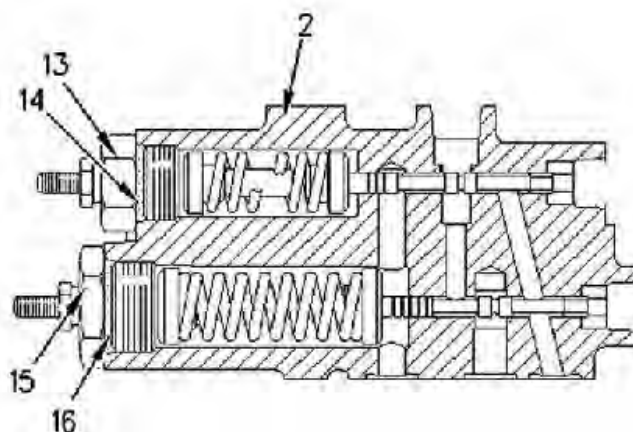
2. Lepaskan *plug* (3) dari *valve* (2).
3. Lepaskan *O-ring seal* (4), *ring* (5), dan *needle valve* (6) dari *valve* (2).

Gambar 3.153 Langkah 2 dan 3

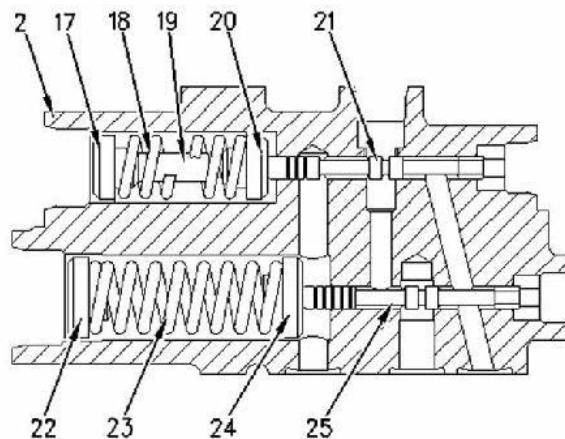
4. Lepaskan *plug* (7) dari *valve* (2).
5. Lepaskan *O-ring seal* (8) dari *valve* (2).
6. Lepaskan *plug* (9) dari *valve*.
7. Lepaskan *O-ring seal* (10) dari *plug* (9).
8. Lepaskan *plug* (11) dari *valve* (2).
9. Lepaskan *O-ring seal* (12) dari *plug* (11).

Gambar 3.154 Langkah 4 sampai dengan langkah 9

PERINGATAN !

Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

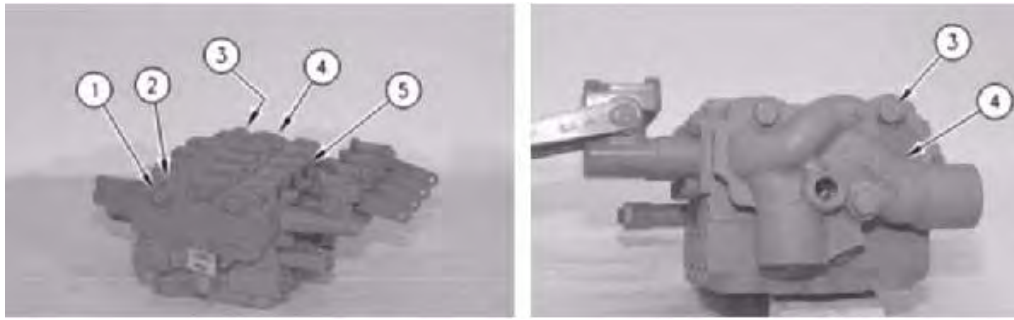
Catatan : Jangan kendurkan *adjustment screw* atau *locknut* pada *plug* (13) atau *plug* (15).

10. Lepaskan *plug* (13) dari *valve* (2).
11. Lepaskan *O-ring seal* (14) dari *plug* (13).
12. Lepaskan *plug* (15) dari *valve* (2).
13. Lepaskan *O-ring seal* (16) dari *plug* (15).

Gambar 3.155 Langkah 10, 11, 12 dan 13

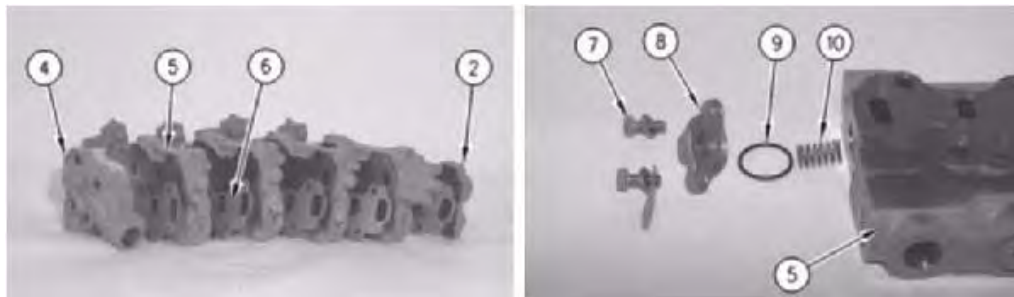
14. Lepaskan *guide* (17), *spring* (18), *pin* (19), *guide* (20), dan *spool* (21) dari *valve* (2).
15. Lepaskan *guide* (22), *spring* (23), *guide* (24, dan *spool* (25) dari *valve* (2).

Gambar 3.156 Langkah 14 dan 15

Membongkar *Bank Valve*

Catatan : Kebersihan merupakan faktor yang sangat penting. Sebelum menjalankan prosedur dissasembly, komponen luarnya harus dibersihkan dengan seksama. Ini akan membantu mencegah kotoran masuk ke mekanisme internal.

1. Agar memudahkan perakitan, berikan tanda pengidentifikasian pada *cover* (2), *valve* (5), dan *manifold* (4) untuk menentukan letak komponen. Lepaskan *bolt* (1) dan lepaskan *cover* (2) dari *bank valve*.
2. Lepaskan *bolt* (3) dan lepaskan *manifold* (4) dari *bank valve*.

Gambar 3.157 Langkah 1 dan 2

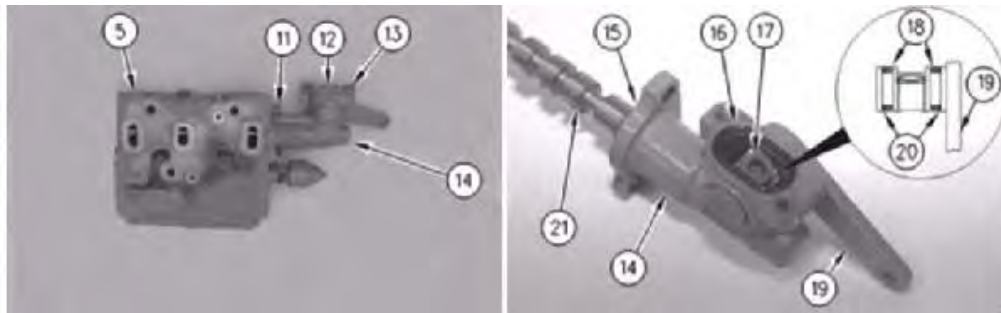
Catatan : Nomor *valve* yang terdapat pada mesin mungkin berbeda-beda. Nomor *valve* tegantung pada nomor penerapannya pada mesin.

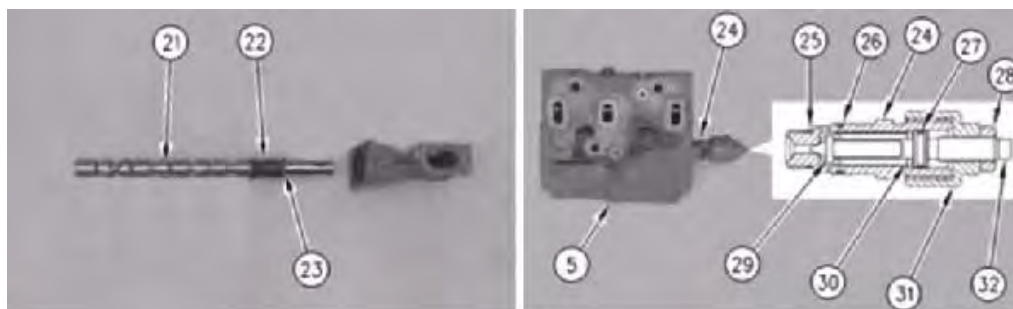
3. Pisahkan *individual valve* (5) dan pisahkan *seal plate* (6) dari unit.
4. Lepaskan *bolt* (7) dan lepaskan *cover* (8) dari *valve body* (5). Lepaskan *O-ring seal* (9) dari *cover* (8). Lepaskan *spring* (10) dari *valve body* (5).

Gambar 3.158 Langkah 3 dan 4

PERINGATAN !

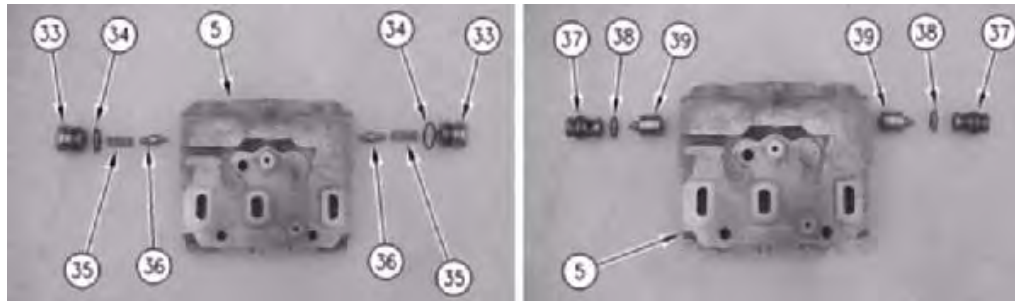
Kekuatan pegas yang melenting dari komponen dan/atau *cover* dapat melukai Anda. Kekuatan pegas akan lepas jika *cover* langsung dibuka. Bersiaplah untuk menahan lonjakan *cover* pegas ketika baut dikendurkan.

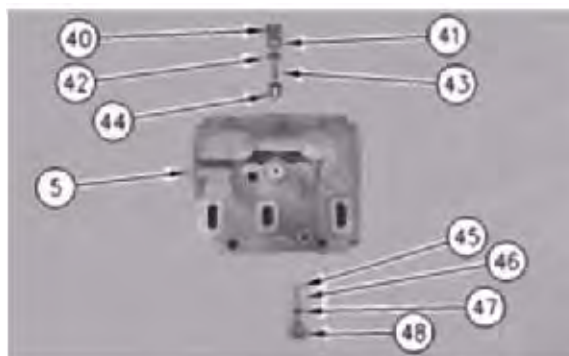
5. Lepaskan *bolt* (11) dan lepaskan *control assembly* (14) dari *valve body* (5).
6. Lepaskan *bolt* (12) dan lepaskan *cover* (13) dari *control assembly* (14).

7. Lepaskan *O-ring seal* (16) dan lepaskan *lever* (17) dari *lever assembly* (19). Lepaskan *O-ring seal* (15). Lepaskan *stem* (21) dari *control assembly* (19).
8. Lepaskan *lever assembly* (19) dari *control assembly* (14). Lepaskan *O-ring seal* (18) dan *back up ring* (20) dari *lever assembly* (19).

Gambar 3.159 Langkah 5, 6, 7 dan 8

9. Dengan tekanan yang sesuai, mampatkan *spring* (22). Lepaskan *retainer* (23) dari *stem* (21).
10. Lepaskan *relief valve* (24) dari *valve body* (5). Lepaskan *O-ring seal* (25) dan *O-ring seal* (26) dari *relief valve* (24). Lepaskan *nut* (28). Lepaskan *cover* (31). Lepaskan *adjuster*/penyetel (32). Lepaskan *spring* (30) dan *valve* (29).

Gambar 3.160 Langkah 9 dan 10

11. *Plug* (33) mungkin berada dalam tekanan *spring*. Tahan *plug* (33) kuat-kuat ketika *plug* dikendurkan. Perlahan lepaskan *plug* (33) dari valve. Lepaskan *O-ring seal* (34) dari *plug* (33). Lepaskan *spring* (35) dan *valve* (36) dari *valve body* (5).

12. Lepaskan *seat* (37) dan *piston* (39) dari *valve body* (5). Lepaskan *O-ring seal* (38) dari *seat* (37).

Gambar 3.161 Langkah 11 dan 12

13. Lepaskan *plug* (40) dari *valve body* (5). Lepaskan *O-ring seal* (41) dari *plug*. Perlahan lepaskan *plug* (42) dari *valve body* (5). Lepaskan *spring* (43) dan *valve* (44) dari *valve body* (5).
14. Perlahan lepaskan *plug* (48) dari *valve body* (5). Lepaskan *O-ring seal* (47) dari *plug*. Lepaskan *spring* (46) dan *ball* (45) dari *valve body* (5).

Gambar 3.162 Langkah 13 dan 14

PERINGATAN !

Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

Pemeriksaan komponen

Spool valve dan *bore* tidak menunjukkan tanda *wear* (keausan) yang jelas kecuali terjadi korosi internal atau kontaminasi, atau jika pasokan sistem hidrolik mesin telah tercemar. *Scratches* (goresan) ringan atau korosi harus dihilangkan dengan amplas emery grit 180. *Oil stone* dapat digunakan untuk menghilangkan sayatan.

Valve harus diperiksa jika ada retakan. Jika terdapat retakan atau jika terdapat goresan dalam karena kontaminasi, *valve* tidak boleh dipergunakan kembali. Permukaan akhir *valve* harus mulus sehingga tidak ada goresan yang terasa pada kuku jari. Ketika merakit kembali, pastikan *valve* berjalan sepenuhnya dengan bebas, tanpa ada titik lekat atau hambatan yang jelas.

Dalam hal ini tidak dibahas khusus tentang pemeriksaan komponen. Tetapi anda dapat mencari informasi dari berbagai sumber yang berkaitan dengan pemeriksaan komponen *hydraulic valve*.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Jangan pernah memasang suatu bagian lagi jika tidak sesuai dengan spesifikasi pembuatnya. Selalu perbaiki penyebab keausan pompa. Komponen dalam pompa hidrolik dan motor bekerja bersamaan untuk menghasilkan aliran atau torsi. Efisiensi sebuah unit sangat beragam, sesuai dengan hilangnya aliran pada kelompok komponen tertentu. Pastikan untuk menguji semua pompa yang telah dirakit kembali agar kinerjanya memenuhi syarat. Pergunakan acuan menurut panduan pembuatnya sebagai spesifikasi testing (pengujian).

Prosedur Pembersihan

Sebelum suatu komponen diperiksa, cucilah terlebih dahulu dalam larutan bersih yang terbuat dari bensin. Cuci secara terpisah. Jika beberapa komponen dicuci bersamaan, ada kemungkinan permukaan mesin rusak. Gunakan udara bertekanan untuk mengeringkan komponen. Beri oli hidrolik pada komponen untuk mencegah karat atau korosi. Tempatkan dalam wadah yang bersih. Gunakan handuk yang bebas bulu untuk membersihkan komponen sebelum dirakit. Pastikan untuk memberi oli pada semua bagian komponen sebelum merakitnya kembali.

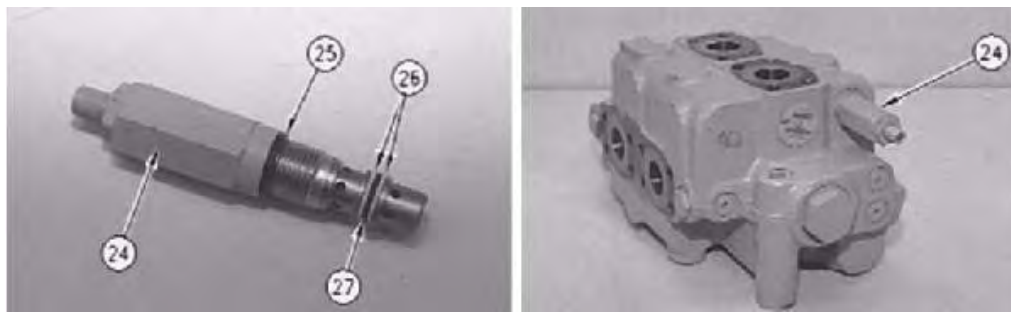
Merakit *Control Valve*

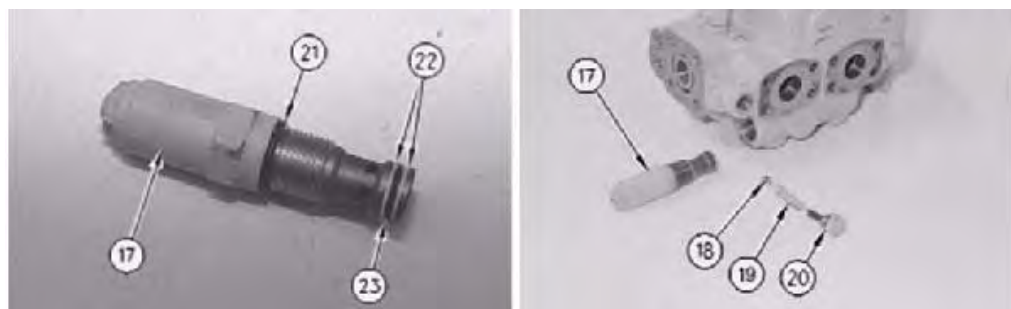
PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut. Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

Kebersihan merupakan faktor yang sangat penting dalam memastikan umur pakai yang memuaskan, baik untuk unit baru maupun yang baru diperbaiki. Bersihkan komponen dengan larutan bersih dan keringkan dengan layak. Untuk peralatan presisi, mekanisme internalnya harus dijaga bebas dari bahan kimia dan kontaminasi partikel.

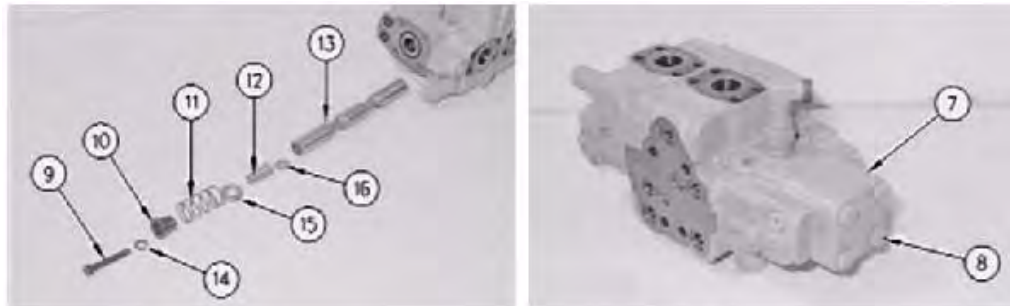
Catatan : Lihat spesifikasi pembuatnya untuk torsi *bolt*.

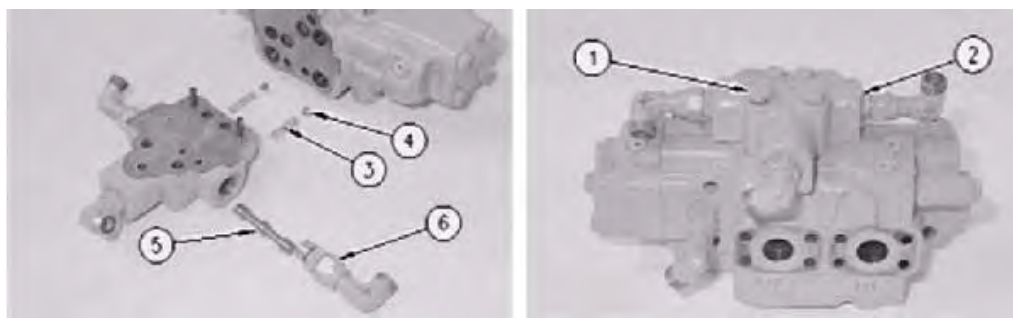
1. Pasang *O-ring seal* (27), *back up ring* (28), dan *O-ring seal* (25) pada *back up releif valve* (24).
2. Pasang *back up relief valve* (24) pada *steering control valve*. Torsi untuk *back up relief valve* adalah 50±7Nm (37±5lb ft).

Gambar 3.163 Langkah 1 dan 2

3. Pasang *O-ring seal* (23), *back up ring* (22), dan *O-ring seal* (21) pada *steering crossover relief valve* (17).
4. Pasang *check ball* (18), *spring* (19), dan *plug* (20).
5. Pasang *steering crossover relief valve* (17) pada *steering control valve*. Torsi untuk *steering crossover relief valve* adalah 60 ±7Nm (44±5 lb ft).

Gambar 3.164 Langkah 3, 4 dan 5

PERINGATAN !

Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

6. Pasang *shims* (16), *retainer* (12), *spacer* (15), *spring* (11), *spring retainer* (10), *spacer* (14), dan *bolt* (9) pada *valve spool* (13). Pasang *valve spool* (13) pada *control valve body*.
7. Pasang *cover* (7) dan *bolt* (8).

Gambar 3.165 Langkah 6 dan 7

8. Pasang *pilot valve spool* (5) dan *fitting* (6).
9. Pasang *spring* (3) dan *check ball* (4).
10. Pasang *spool body* (2) dan *bolt* (1).

Gambar 3.166 Langkah 8, 9 dan 10

Merakit *Combination Valve*

PERINGATAN !

Kekuatan pegas yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan. Untuk mencegah kemungkinan luka, patuhi prosedur pelepasan tekanan pegas.

Catatan : Pastikan semua komponen *combination valve* telah bersih sebelum dirakit. Selama perakitan, periksa kondisi *O-ring seal* yang digunakan. Jika ada *seal* yang rusak, gunakan komponen

baru untuk menggantinya. Lumasi *O-ring seal* dengan sedikit oli hidrolik.

1. Pasang *signal purge valve* (50) pada *combination valve*.

Gambar 3.167 Langkah 1

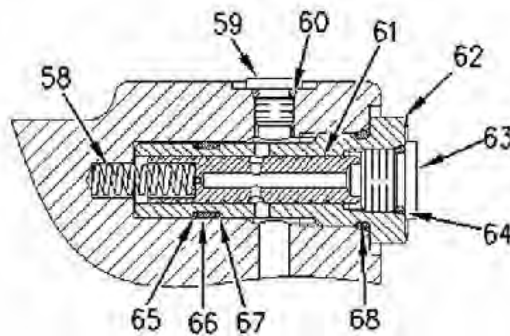
Catatan : Dua jenis *signal purge valve* digunakan. *Signal purge valve* (Jenis 1) diperlihatkan dalam Langkah 2. *Signal purge valve* (Jenis 2) diperlihatkan dalam Langkah 3.

PERINGATAN !

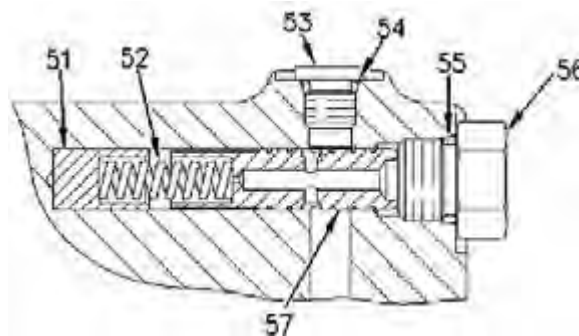
Pemasasangan bagian-bagian dengan cara yang tidak benar yang dibebani dengan pegas (*spring*) dapat menyebabkan cedera pada tubuh. Untuk mencegah kemungkinan terjadinya cedera, ikutilah prosedur pemasangan yang telah ditetapkan dan gunakan alat pelindung diri.

Catatan : Pastikan bahwa *spring* (58) sudah rata dengan *valve body* (62)

2. Pasang *O-ring seal* (64) pada *plug* (63). Pasang *back up ring* (67), *O-ring seal* (66), *back up ring* (65), dan *O-ring seal* (68) pada *valve body* (62). Pasang *valve body* (62) pada *combination valve*. Pasang *spring* (58) dan *valve spool* (61) pada *valve body* (62). Pasang *O-ring seal* (64) pada *plug* (63). Pasang *plug* (63) pada *valve body* (62). *Plug* (63) mungkin berada dalam tekanan *spring* selama pemasangan. Tahan *plug* (63) kuat-kuat dan berikan sedikit tekanan pada *plug* (63) untuk

memasang *plug* (63) ke *valve body* (62). Pasang *O-ring seal* (60) pada *plug* (59). Pasang *plug* (59) pada *combination valve*.

Gambar 3.168 Langkah 2

Catatan : Pastikan bahwa *spring* (52) sudah rata dengan *valve spool* (57)

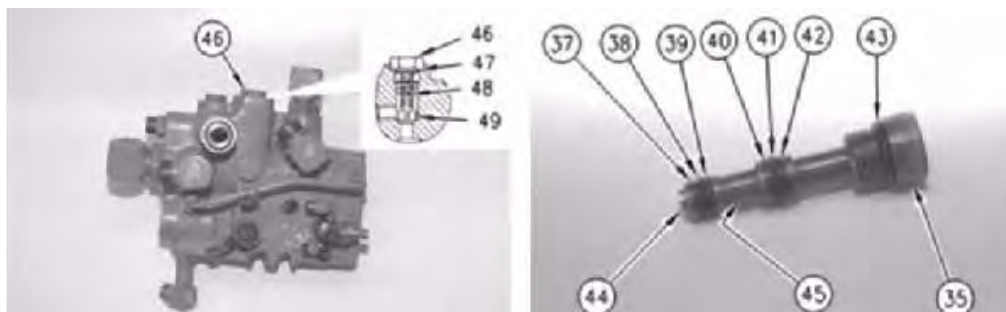
3. Pasang *insert* (51), *spring* (52), dan *valve spool* (57) pada *combination valve*. Pasang *O-ring seal* (55) pada *plug* (56). Pasang *plug* (56). *Plug* (56) mungkin berada di bawah tekanan *spring* selama pemasangan. Tahan *plug* kuat-kuat dan *tekan plug* (56) sedikit untuk memasang *plug* (56) pada *combination valve*. Pasang *O-ring seal* (54) pada *plug* (53). Pasang *plug* (53) pada *combination valve*.

Gambar 3.169 Langkah 3

PERINGATAN !

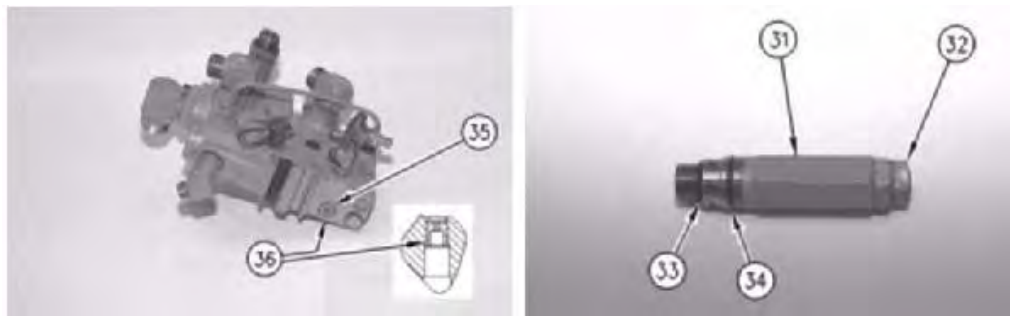
Kekuatan spring yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua

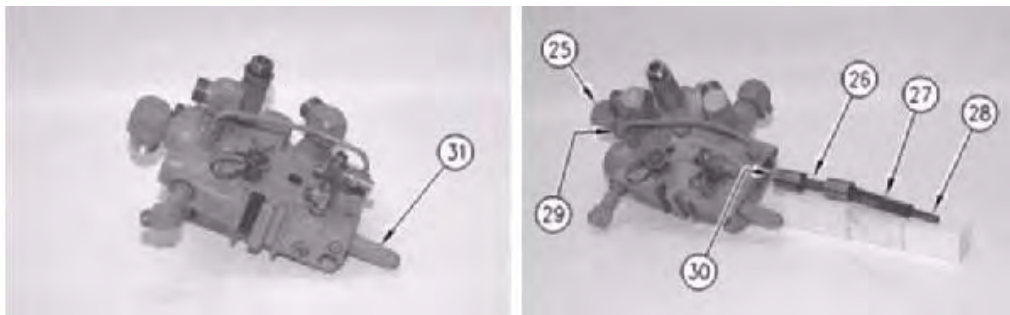
perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan dan patuhi prosedur untuk mencegah kemungkinan terluka.

Catatan : Pastikan bahwa *spring* (48) sudah rata dengan *valve* (49)

4. Pasang *valve* (49) dan *spring* (48) pada *combination valve*. Pasang *O-ring seal* (57) pada *plug* (46). *Plug* (46) mungkin berada di bawah tekanan *spring* selama pemasangan. Tahan *plug* (46) kuat-kuat dan beri sedikit tekanan pada *plug* (46) untuk memasang *plug* (46) ke dalam *combination valve*.

Gambar 3.170 Langkah 4 dan 5

Catatan : *Ball* (45) (tidak terlihat) dan *seat* (44) pada *shuttle valve* (35) tidak dapat diperbaiki.

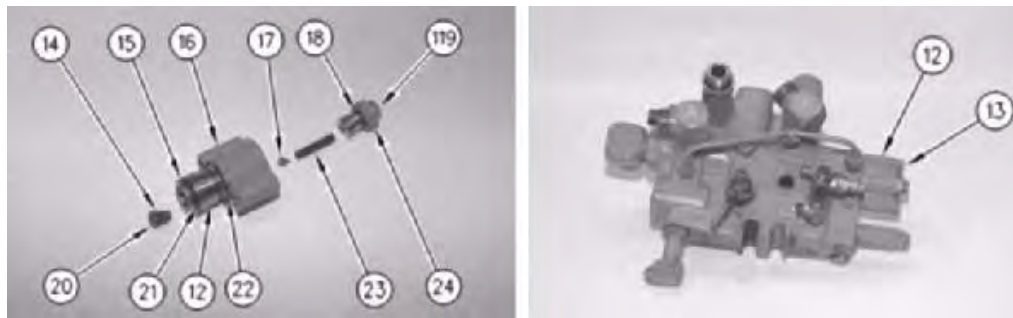
5. Pasang *back up ring* (42), *O-ring seal* (41), dan *back up ring* (40) pada *shuttle valve* (35). Pasang *back up ring* (39), *O-ring seal* (38), dan *back up ring* (37) pada *shuttle valve* (35). Pasang *O-ring seal* (43) pada *shuttle valve* (35).
6. Pasang *plug* (36) pada *combination valve*. Kencangkan *plug* (36) sampai 10 ±3Nm (7±2 lb ft). Pasang *shuttle valve* (35) pada *combination valve*. Kencangkan *shuttle valve* (35) sampai 32±5Nm (24±4 lb ft).
7. Pasang *O-ring seal* (33), *O-ring seal* (34), dan *nut* (32) pada *signal relief valve* (31). Kencangkan *nut* (32) sampai 12±2Nm (9±2 lb ft).

Gambar 3.171 Langkah 6 dan 7

8. Pasang *signal relief valve* (31) pada *combination valve*. Kencangkan *signal relief valve* (31) sampai 35±5Nm (26±4 lb ft).

Gambar 3.172 Langkah 8 dan 9

PERINGATAN !

Kekuatan spring yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan dan patuhi prosedur untuk mencegah kemungkinan terluka.

Catatan : Pastikan bahwa *spring* (27) dan *spring* (28) sudah rata dengan *combination valve.*

9. Jika diperlukan, pasang *plug* dan *O-ring seal* di dalam *combination valve*. Pasang *fitting* (25). Pasang *plug* (30) pada tiap ujung *spool valve* (26). Kencangkan *plug* (30). Pasang *valve spool* (26), *spring* (27), dan *spring* (28) dalam *combination valve*.
10. Pasang O-ring seal (14) dan seat (20) pada steering relief valve (12) kencangkan seat (20) sampai 22±2Nm (16±2 lb ft).

Gambar 3.173 Langkah 10, 11 dan 12

PERINGATAN !

Kekuatan spring yang melenting dapat melukai Anda. Kenakan semua perlengkapan keselamatan yang dibutuhkan dan patuhi prosedur untuk mencegah kemungkinan terluka.

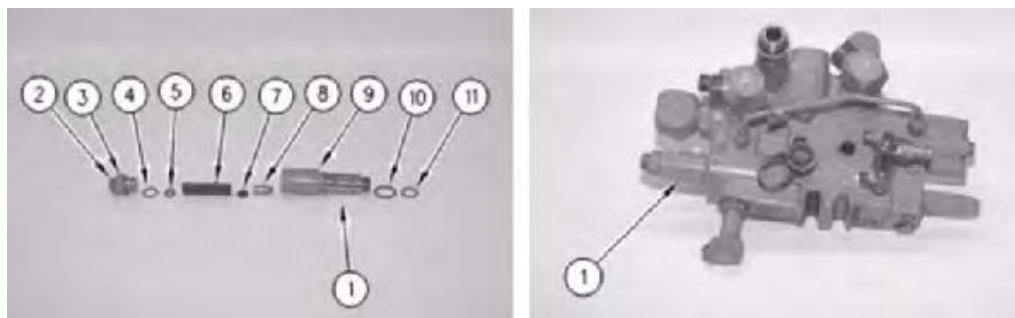
Catatan : Pastikan bahwa *spring* (23) sudah rata dengan *body* (16)

11. Pasang *O-ring seal* (18) dan *nut* (24) pada *retainer assembly* (19). Pasang *valve* (17) dan *spring* (23) pada *body* (16). Kencangkan *nut* (24) sampai 35±5Nm (26±4 lb ft). *Retainer assembly* (19) mungkin berada di bawah tekanan *spring* selama pemasangan. Tahan *retainer assembly* (19) kuat-kuat dan berikan sedikit tekanan para *retainer assembly* (19) untuk memasang *retainer assembly* (19) pada *body* (16).
12. Pasang *steering relief valve* (12) pada *combination valve*. *Steering relief valve* (12) mungkin berada di bawah tekanan *spring* selama pemasangan. Tahan *steering relief valve* (12) kuat-kuat dan beri sedikit tekanan pada *steering relief valve* (12) untuk memasang *steering relief valve* (12) pada *combination valve*. Pasang *bolt* (13).

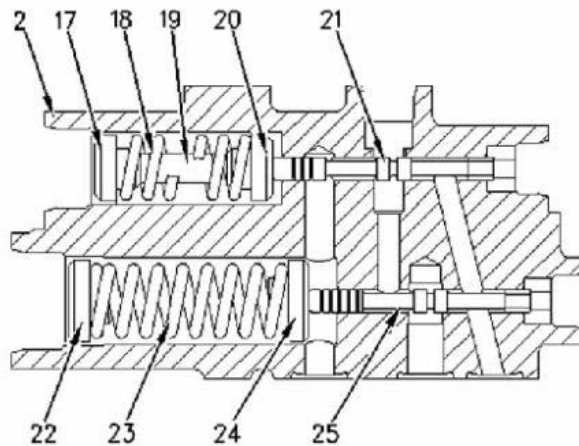
Catatan : Pastikan bahwa *spring* (6) sudah rata dengan *relief valve* (1)

13. Pasang *retainer assembly* (2), *nut* (3), *O-ring seal* (4), *plate* (5), *spring* (6), *plate* (7), *valve* (8), dan *body* (9) pada *relief valve* (1) seperti yang

terlihat. Kencangkan *nut* (3 sampai 50±7Nm (37±5 lb ft). *Retainer assembly* (2) mungkin berada di bawah tekanan selama pemasangan. Tahan *retainer assembly* (2) kuat-kuat dan berikan sedikit tekanan pada *retainer assembly* (2) untuk memasang *retainer assembly* (2) pada *relief valve* (1).

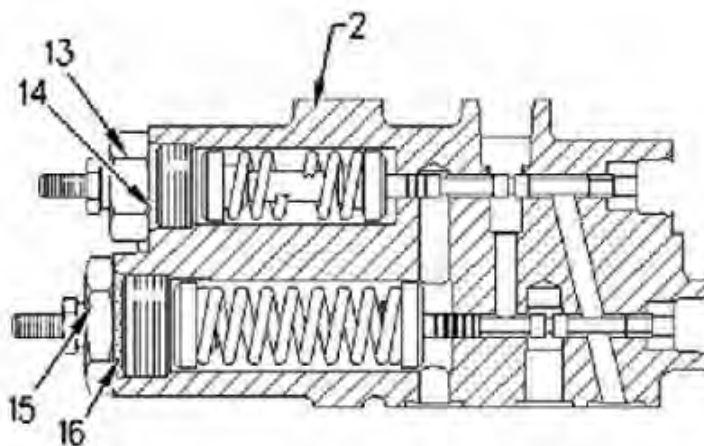
14. Pasang *O-ring seal* (10) dan *O-ring seal* (11) pada *relief valve* (1).
15. Pasang *relief valve* pada *combination valve*. Kencangkan *relief valve* (1) sampai 65±5Nm (48±4lb ft).

Gambar 3.174 Langkah 13, 14 dan 15

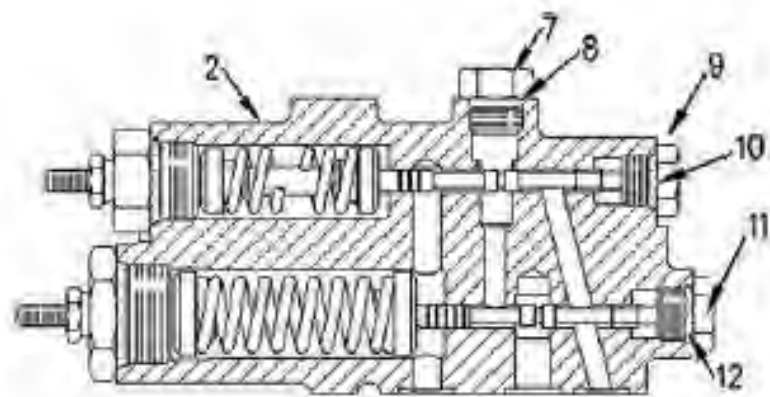
Merakit *Pump Control Valve*

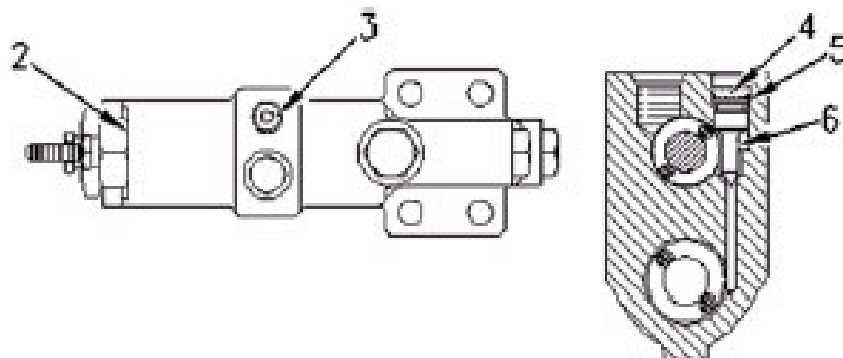
1. Pasang *spool* (25), *guide* (24), *spring* (23), dan *guide* (22) pada *valve* (2).
2. Pasang *spool* (21), *guide* (20), *pin* (19), *spring* (18), dan *guide* (17) pada *valve* (2).

Gambar 3.175 Langkah 1 dan 2

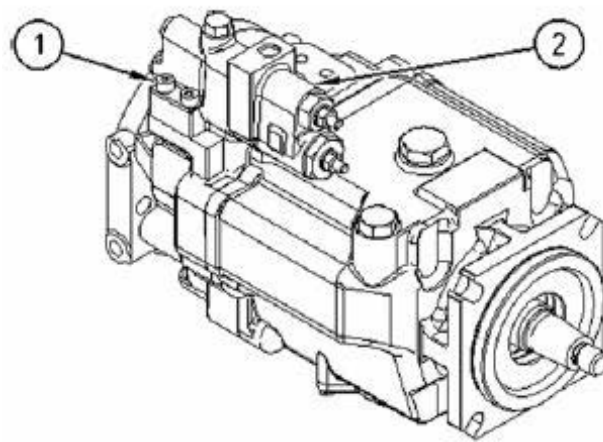
PERINGATAN !

Kekuatan spring yang melenting dapat melukai Anda. Patuhi prosedur untuk mencegah kemungkinan terluka ketika melepas spring bertekanan.

3. Pasang *O-ring seal* (16) pada *plug* (15).
4. Pasang *plug* (15) pada *valve* (2).
5. Pasang *O-ring seal* (14) pada *plug* (13).
6. Pasang *plug* (13) pada *valve* (2).

Gambar 3.176 Langkah 3, 4, 5 dan 6

7. Pasang *O-ring seal* (12) pada *plug* (11).
8. Pasang *plug* (11) pada *valve* (2).
9. Pasang *O-ring seal* (10) pada *plug* (9).
10. Pasang *plug* (9) pada *valve* (2).
11. Pasang *O-ring seal* (8) pada *plug* (7).
12. Pasang *plug* (7) pada *valve* (2).

Gambar 3.177 Langkah 7 sampai dengan langkah 12

13. Pasang *needle valve* (6), *ring* (5), dan *O-ring seal* (4) pada *valve* (2).
14. Pasang *plug* (3) pada *valve* (2).

Gambar 3.178 Langkah 13 dan 14

15. Pasang *valve group* (2) dan pasang *bolt* (1) pada pompa.

Gambar 3.179 Langkah 15

Tugas Praktik

1. Identifikasi *hydraulic control valve* yang yang digunakan untuk praktik pembongkaran dan perakitan.
2. Buatlah perencanaan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic control valve.*
3. Lakukanlah proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic control valve.*
4. Buatlah laporan kerja.

Catatan:

1. Perhatikan K3 dan pengendalian *contaminant.*
2. Jika tidak memungkinkan melaksanakan proses pembongkaran dan perakitan *hydraulic control valve*, anda bisa mempresentasikan dengan cara menjelaskan dan menunjukkan pada gambar *hydraulic control valve.*
3. Anda bisa mengganti bahan praktik dengan macam-macam *hydraulic control valve* tipe lainnya,.
4. Pastikan anda membuat perencanaan kerja dengan melihat "Buku Pedoman (*Manual Book*)" untuk melatih anda dalam memahami literatur.
5. Ikutilah instruksi dari pengajar anda.

I. Rangkuman

1. Faktor-faktor kunci yang mempengaruhi biaya daur hidup komponen-komponen meliputi:
   - Usia komponen
   - Kualitas Rekondisi Komponen
   - Biaya Pembangunan Ulang Komponen
   - Penggantian komponen
   - Pelepasan dan Pemasangan Komponen
2. Kerusakan komponen terbagi dalam tiga tahap, yaitu:
   - Kerusakan jangka pendek
   - Kerusakan jangka menengah
   - Kerusakan jangka panjang
3. Langkah-langkah kunci dalam proses pelepasan komponen, yaitu:
   - Catat pelepasan komponen
   - Sebutkan penyebab penggantian komponen
   - Periksa sistem mesin dari serpihan dan kontaminasi
   - Jaga kebersihan sistem
   - Jadwalkan untuk memperbaiki atau membangun ulang sistem-sistem terkait
4. Penyebab penggantian komponen biasanya dimasukkan dalam beberapa kategori berikut ini:
   - Kerusakan
   - Aus
   - *Planned Component Replacement*
5. Langkah-langkah kunci dalam proses pelepasan komponen, yaitu:
   - Pastikan untuk mengenali dan memperbaiki sumber penyebab kerusakan.

- Rancang dan gunakan kit suku cadang standar untuk semua pemasangan komponen.
- Bersihkan sistem yang terkontaminasi.
- Pasang dan uji komponennya

6. Dalam setiap proses pelepasan dan pemasangan atau pembongkaran dan perakitan, anda harus memperhatikan:
   - Peringatan (*warning*)
   - Perhatian (*caution*)
   - Catatan (*notes*)
7. Berikut ini adalah contoh dari “peringatan, perhatian, dan catatan”, yaitu:

PERINGATAN !

Pada suhu operasi, tangki hidrolik bersifat panas dan di bawah tekanan. Oli yang panas dapat menyebabkan luka bakar.

Untuk mencegah kemungkinan terjadinya cedera, lepaskanlah tekanan dalam sistem kemudi sebelum saluran atau komponen hidrolik dilepas.

Lepaskan tutup tangki pengisian oli ketika mesin dimatikan dan tutupnya cukup dingin untuk dipegang dengan tangan telanjang.

PERHATIAN !

Berhati-hatilah dalam memastikan bahwa fluida tetap aman dalam tempatnya ketika Anda melakukan proses inspeksi, pemeliharaan, pengujian, dan perbaikan produk untuk memastikan bahwa cairan tersebut masih layak digunakan. Persiapkan wadah yang sesuai sebelum membuka kompartemen atau pembongkaran komponen yang mengandung cairan untuk menyimpan cairan.

Lihatlah "Buku Panduan" alat dan perlengkapan yang sesuai untuk menyimpan cairan.

Buang semua cairan sesuai dengan peraturan daerah setempat.

PERINGATAN !

Pemasangan komponen yang memiliki pegas dengan tidak layak dapat menyebabkan luka.

Untuk mencegah kemungkinan terluka, patuhi prosedur perakitan dan kenakan peralatan perlindungan.

PERHATIAN DAN CATATAN KHUSUS !

Waspadalah ketika menggenggam komponen dengan ragum untuk menghindari kerusakan permukaan komponen. Beberapa cairan pelarut bersifat mudah terbakar. Usahakan tidak ada sumber api ketika menggunakan cairan pelarut.

Waspadalah ketika bekerja dengan fluida hidrolik bertekanan. Kebocoran fluida hidrolik bertekanan dapat menembus kulit dan menimbulkan luka yang cukup parah.

Catatan : Rotasi pompa dilihat dari ujung *shaft*. *Cartridge assembly* biasanya terpasang untuk putaran tangan kanan.

Catatan : Pasang *cap* dan *plug* pada semua saluran yang terbuka untuk mecegah debu atau kotoran lainnya masuk ke dalam sistem. Kebersihan merupakan faktor yang sangat penting dalam perbaikan. Oleh karena itu, sebelum melaksanakan proses pelepasan, area di sekitar komponen harus bersih agar tidak ada *contaminant* yang masuk ke dalam sistem.

Catatan : Berikan tanda perata pada *cartridge assembly* untuk tujuan pe-masangan kembali. Perhatikan arah panah pada lokasi (X) dan (Y). Panah menunjukkan arah putaran pompa.

J. Evaluasi

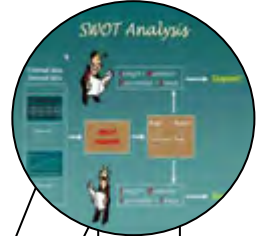
A. EVALUASI DIRI

Penilaian Diri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampuan siswa bersangkutan.					
No.	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya dapat menjelaskan prosedur pelepasan dan pemasangan komponen-komponen hidrolik sistem pada alat berat				
C	**Keterampilan**				
1	Saya dapat melaksanakan pelepasan dan pemasa-ngan komponen-komponen hidrolik sistem pada alat				

	berat sesuai prosedur				

B. REVIEW

3. Bagaimana prosedur pembersihan komponen?
4. Apakah yang dimaksud dengan *touch lapping*?
5. Apakah fungsi dari oli hidrolik pada saat perakitan komponen hidrolik?
6. Apakah tujuan dari penandaan pada saat melaksananakan pekerjaan pada sistem hidrolik?
7. Jelaskan prosedur pemasangan filter oli hidrolik berdasarkan gambar yang terdapat pada filter oli hidrolik!
8. Apakah yang harus diperhatikan ketika membongkar *hydraulic control valve*?
9. Apakah tujuan dari pelepasan/pembuangan tekanan pada saat akan melaksananakan pelepasan dan pemasangan komponen hidrolik?
10. Bagaimana cara untuk mecegah debu atau kotoran lainnya masuk ke dalam sistem pada saat melaksananakan pelepasan dan pemasangan komponen hidrolik?
11. Apakah yang dimaksud dengan filtrasi *off-board*?
12. Apakah akibat dari proses pelepasan dan pemasangan atau pembongkaran dan perakitan komponen yang salah

C. PENERAPAN

BAB 4 Memahami Proses Technical Analysis-1 Pada Sistem Hidrolik

K. Deskripsi

Pembelajaran memahami proses Technical Analysis pada sistem hidrolik unit alat berat adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran Power Train dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari proses Technical Analysis pada sistem hidrolik yang didalamnya akan dibahas mengenai :

A. Analisa kerusakan pada *hydraulic gear pump*
B. Analisa kerusakan pada *hydraulic vane pump*

L. Tujuan Pembelajaran

1. Mampu menjelaskan proses Technical Analysis pada sistem hidrolik unit alat berat

2. Mampu mendemonstrasikan proses Technical Analysis pada sistem hidrolik unit alat berat

M. Uraian Materi

Technical Analysis (TA) merupakan suatu program pengecekan sistem berupa pengecekan kondisi fisik komponen, tekanan, suhu, siklus waktu kerja dan kecepatan putaran. Sistem yang diperiksa adalah sistem-sistem pada komponen utama, yaitu *engine, transmisi, hydraulic, steering* dan *brake*. *Technical Analysis* (TA) dilakukan saat mesin mengalami kerusakan yang perlu penanganan intensif maupun saat akan menentukan komponen-komponen yang perlu diganti saat *overhaul*.

Setiap pelaksanaan TA harus digunakan *checklist* yang memerlukan persetujuan (*approval*) *workshop superintendent* pada setiap pengerjaaannya. *Checklist* ini selanjutnya akan disimpan sebagai *history* alat berat tersebut. Hal ini sesuai dengan pilar "*planned maintenance*" dan "*quality maintenance*" yang terdapat dalam TPM (*Total Productive Maintenance*).

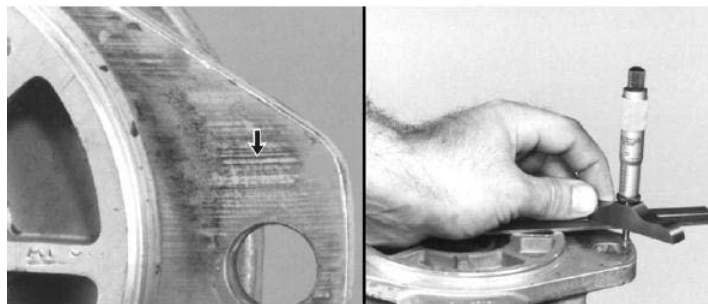
Berikut ini akan dibahas tentang *Technical Analysis* (TA) untuk menentukan komponen-komponen yang perlu diganti saat *overhaul* (pembongkaran dan perakitan komponen hidrolik).

A. ANALISA KERUSAKAN PADA *HYDRAULIC GEAR PUMP*

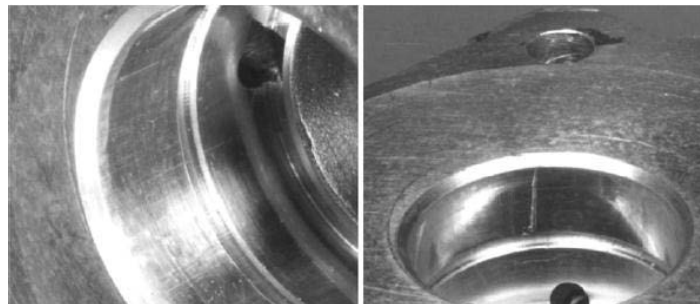
PROSEDUR PEMERIKSAAN

Permukaan mounting (pemasangan)

Gambar 4.1 sebelah kiri menunjukkan terjadinya scratches (goresan) pada permukaan mounting (pemasangan), ini bisa menjadi

pertanda bahwa permukaannya agak bengkok. Gunakan lagi setelah permukaan diukur dan hasilnya dapat diterima, perbandingan antara dua dimensi: yang dekat dengan diameter pilot dan yang dekat dengan libang baut mounting (pemasangan) dapat menjadi ukuran apakah permukaan masih dapat diterima atau tidak (Gambar 4.1 kanan). Anda boleh memakai kembali permukaan tersebut hanya jika perbedaan diantara keduanya kurang dari 0,5 mm (0,02 inci).

Gambar 4.1 Penampang mounting

Seal bore

Gambar 4.2 sebelah kiri menunjukkan terjadinya beberapa scratches (goresan) kecil pada seal bore.

Gambar 4.2 Penampang Seal bore (scratches)

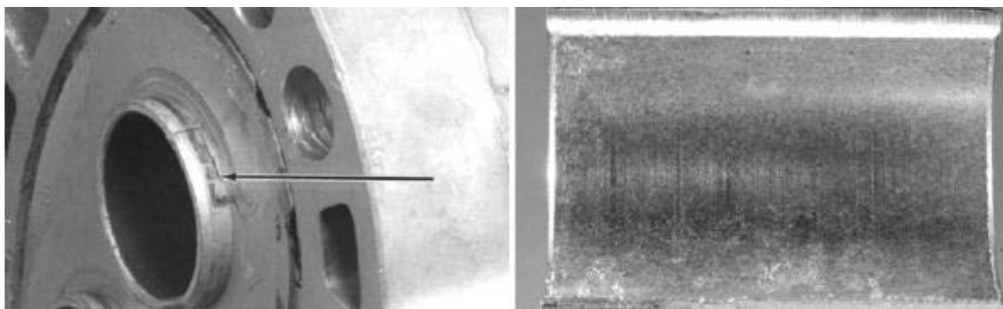
Catatan:

Jenis kerusakan ini tidak berakibat pada kebocoran bore pada seal case jika Anda memberikan Retaining Compound 9S3265 di sekitar sambungan antara seal case dan bore ketika memasang seal baru.

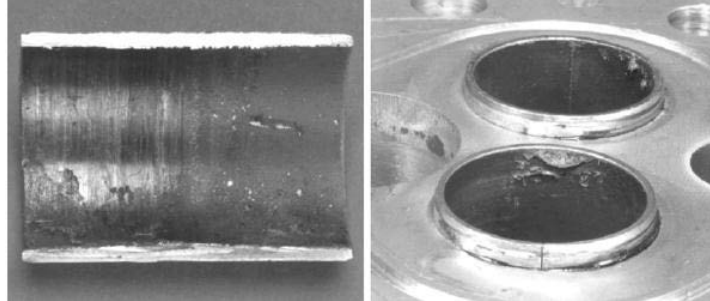
Gambar 4.2 sebelah kanan menunjukkan kerusakan pada seal bore. Pergunakan lagi setelah bore diselamatkan sesuai dengan prosedur memperbaiki kerusakan (lihat "Prosedur Penyelamatan Seal Bore").

Bushing

Perunggu yang digunakan dalam bushing memiliki pori (memiliki banyak lubang yang sangat kecil). Karena hal ini, maka permukaan teflon ikut terdorong ke dalam lubang ini selama pembuatannya. Wear (keausan) bertahap pada daerah angkut (antara shaft journal dan bushing) akan menyebabkan perunggu ini makin terlihat.

Namun bushing masih dapat dipergunakan kembali karena permukaannya merupakan campurang antara perunggu dan Teflon. Perunggu ini akan tampak jika Teflon pada daerah non-angkut dari bushing (sisi lubang pressure (tekanan)) menjadi aus, dan, meskipun permukaannya jadi kasar, namun bushing masih dapat dipergunakan kembali.

Gambar 4.3 Penampang bushing (scratches)

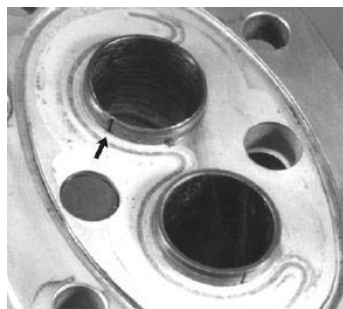
Gambar 4.3 sebelah kiri menunjukkan terjadinya scratches (goresan) pada bagian luar diameter busing pada wilayah seal. Gambar 15 sebelah kanan merupakan contoh yang wear (keausan) bushing yang

lazim terjadi dimana perunggunya tampak melalui permukaan Teflon. Komponen ini masih dapat dipergunakan kembali.

Gambar 4.4 Penampang bushing (score)

Gambar 4.4 sebelah kiri menunjukkan terjadinya score (pelubangan) dan pekahan bushing. Jangan pergunakan lagi bushing ini.

Catatan:

Bushing dalam Gambar 4.4 dipotong untuk menunjukkan kondisi tersebut secara lebih jelas.

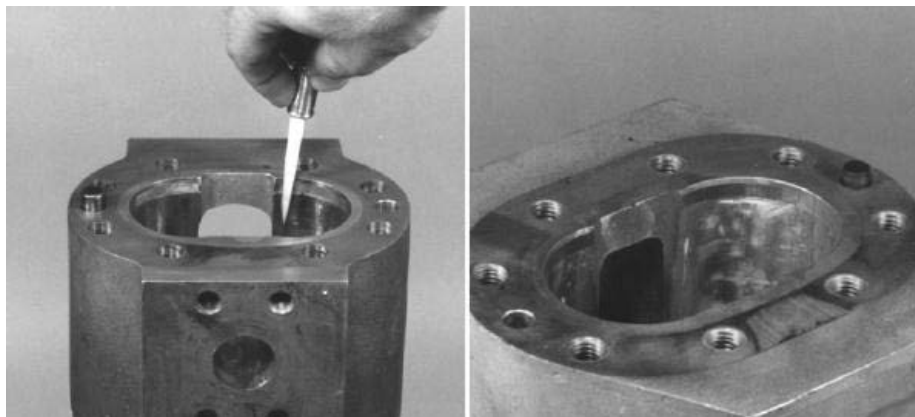
Gambar 4.4 sebelah kanan merupakan kerusakan pada permukaan Teflon pada bagian dalam diameter bushing. Jangan pergunakan lagi bushing ini.

Gambar 4.5 Penampang bushing (bore)

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa bushing telah menjadi bore (lubang). Jangan pergunakan lagi komponen ini. Periksa bushing bore akan adanya kerusakan bundaran setelah bushing dilepas. Jika

kerusakan bundarannya sudah melebihi 0,05 mm (0,002 inci), jangan pergunakan komponen tersebut kembali. Bore bushing yang sudah tidak bundar lagi merupakan tanda bahwa track gear terlalu dalam; tempat casting track gear tersebut harus diganti.

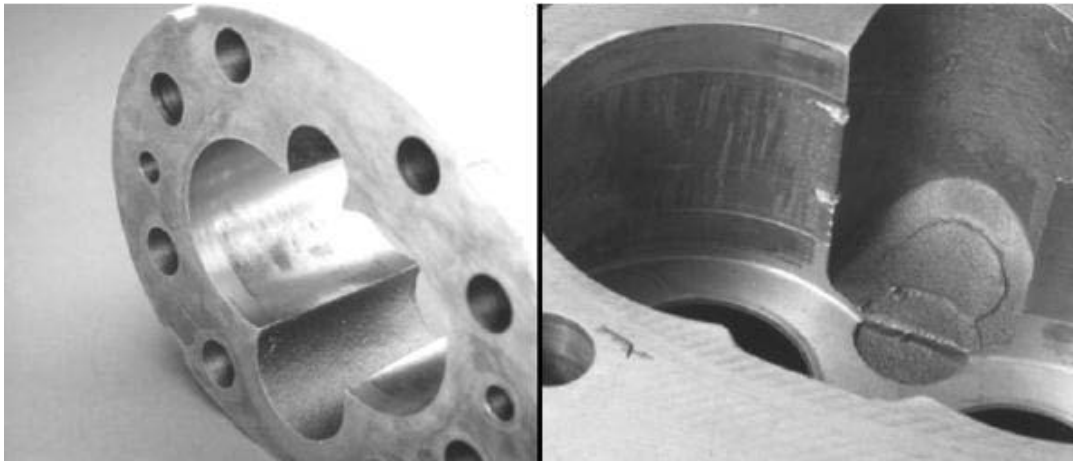
Bushing dipasang dengan sambungan tidak lebih dari 1,5mm (0,06 inci) dari satu garis melalui pusat bushing bore, menuju ke lubang dowel pin. Mounting (pemasangan) bushing baru akan berdampak pada efisiensi unit tersebut. ini karena bushing baru akan membuat gear bergerak ke posisi yang baru dimana ujung tooth (gerigi) gear tidak akan bersentuhan dengan track gear yang telah aus. Hal ini sangat penting untuk menguji efisiensi pompa yang dirakit kembali untuk memastikan bahwa mereka dapat diterima sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

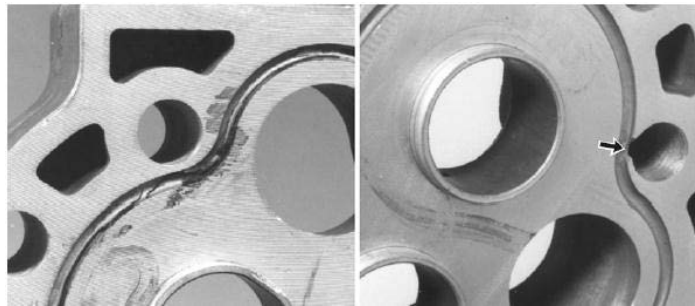
Gear track

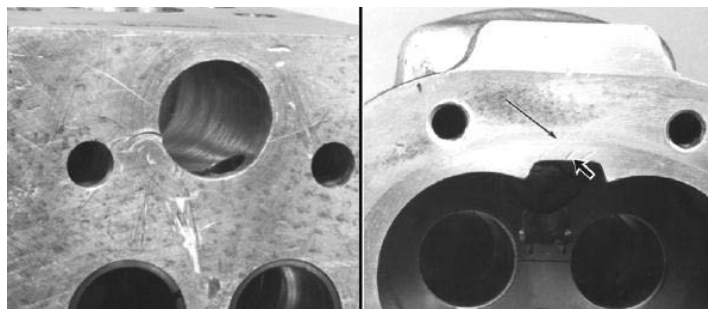
Kedalaman maksimum yang diijinkan untuk gear track bagi badan pompa alumunium adalah 0,38 mm (0,015 inci) pada unit pressure (tekanan) rendah. Kedalaman maksimum yang diijinkan untuk gear track bagi badan pompa besi adalah 0,30 mm (0,011 inci) pada unit pressure (tekanan) rendah.

Gambar 4.6 Penampang gear track (burr/sayatan)

Gambar 4.6 sebelah kiri memperlihatkan sayatan pada tepian gear track. Pergunakan kembali setelah burr sayatan dihilangkan dengan pisau atau peralatan tajam lainnya. Erosi, atau wear (keausan) bertahap pada sisi pressure (tekanan) rendah gear track (Gambar 18, kanan) tidak akan berpengaruh terhadap kinerjanya, kecuali erosi tersebut sampai mencapai sisi pressure (tekanan) tinggi. Kerusakan "lebih jauh" akan berakibat pada berkurangnya efisiensi.

Seberapa besarnya berkurangnya efisiensi tersebut, secara tepatnya, tidak dapat ditentukan tanpa adanya testing (pengujian). Lakukan testing (pengujian) untuk komponen ini setelah assembly, untuk memastikan bahwa tingkat efisiensinya masih dapat diterima. Pompa dengan kondisi ini akan berputar dengan tingkat noise yang tinggi.

Gambar 4.7 sebelah kiri merupakan gear track pada badan pompa besi yang menunjukkan wear (keausan) normal yang ditunjukkan dengan pudarnya warna. Kerusakan yang disebabkan oleh materi asing pada sisi pressure (tekanan) rendah gear track (Gambar 19, kanan) tidak memiliki pengaruh negatif atas kinerja, kecuali sudah menjalar mencapai ke sisi pressure (tekanan) tinggi. Pergunakan kembali kecuali kerusakan lebih jauh dapat menyebabkan turunnya efisiensi, sehingga Anda perlu mengujinya setelah assemble (merakit) kembali komponen ini.

Gambar 4.7 Penampang gear track (wear)

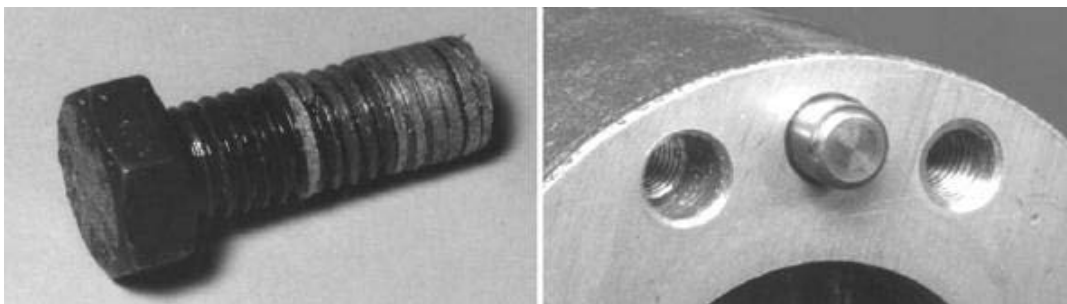
Seal Groove

Gambar 4.8 Penampang seal groove (break)

Gambar 4.8 sebelah kiri menunjukkan sealant (bahan penyegel) pada seal groove. Pergunakan kembali. Gambar 20 sebelah kanan menunjukkan seal groove yang telah rusak. Jangan pergunakan kembali.

Gambar 4.9 Penampang seal groove (seal face damage)

Gambar 4.9 sebelah kiri menunjukkan kerusakan pada seal face (permukaan penyegel). Jangan pergunakan kembali. Gambar 4.9 sebelah kanan menunjukkan kerusakan sepanjang wilayah O-ring seal pada permukaan penyegel. Jangan pergunakan kembali.

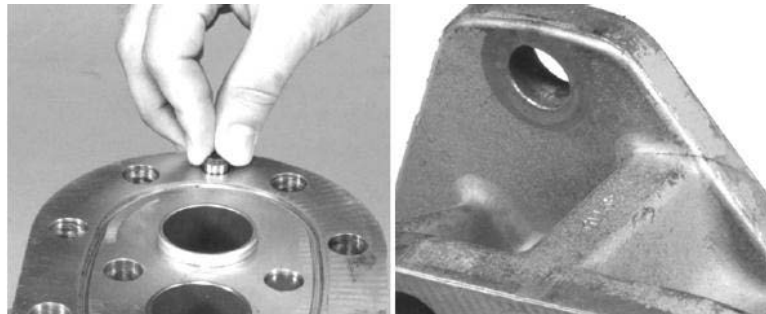
Catatan:

Kerusakan serupa di sepanjang O-ring groove dapat menyebabkan kebocoran, serta menyebabkan peralatan berderak di dasar O-ring groove. Jangan pergunakan komponen ini kembali jika terjadi salah satu jenis kerusakan tersebut.

Threaded Hole

Gambar 4.10 Penampang threaded hole (damage)

Jika baut tidak dapat dikencangkan sesuai spesifikasi torsi yang seharusnya, maka ada kemungkinan bahwa lubang ulir baut tersebut mengalami kerusakan (Gambar 4.10, kiri). Ditemukannya potongan alumunium pada lubang ulir baut ini merupakan tanda bahwa lubang ulir mengalami kerusakan. Pergunakan kembali jika alumunium telah dibersihkan dengan sikat kawat.

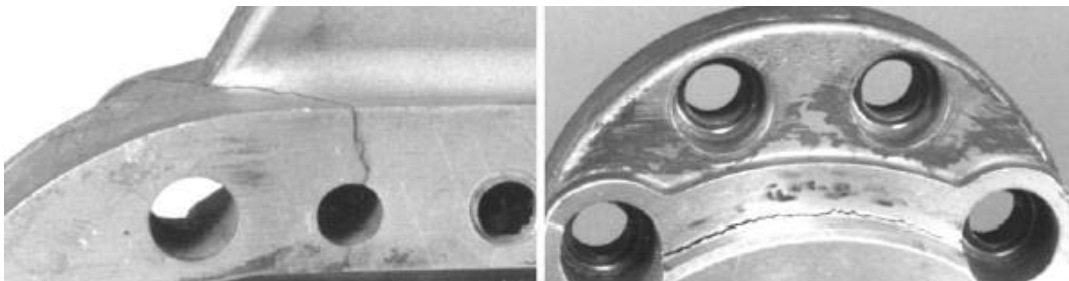
Gambar 4.10 sebelah kanan menunjukkan lubang ulir baut yang telah rusak. Pergunakan kembali setelah ada bahan sisipan dimasukkan.

Casting flange

Gambar 4.11 Penampang dowel hole (excessive gap) dan casting flange (crack)

Gambar 4.11 sebelah kiri menunjukkan terjadinya celah yang dapat dirasakan pada lubang dowel. Jangan pergunakan kembali.

Catatan:

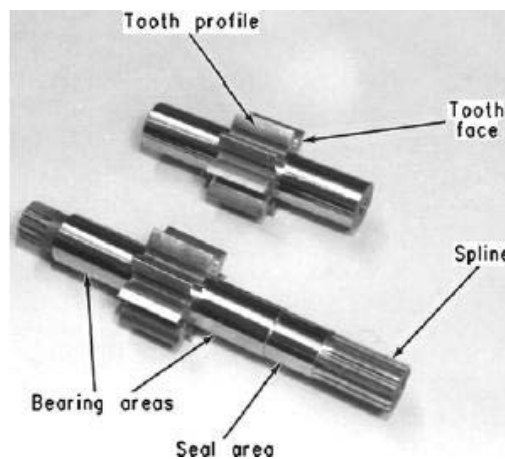
Jangan pergunakan kambali potongan penyambung.

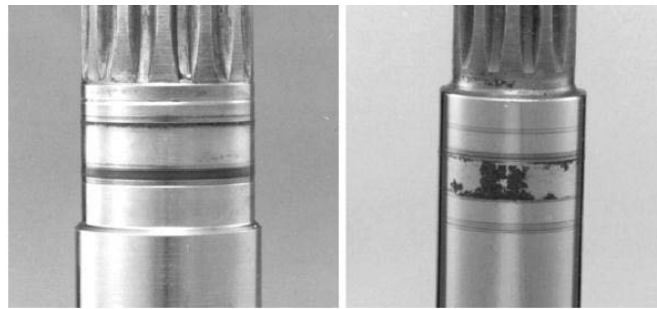
Gambar 4.11 sebelah kanan memperlihatkan adanya retakan pada casting flange.

Gambar 4.12 Penampang casting flange (crack)

Gambar 4.12 sebelah kiri memperlihatkan adanya retakan pada casting flange. Jangan pergunakan kembali. Gambar 4.12 sebelah kanan memperlihatkan adanya retakan pada casting flange. Jangan pergunakan kembali.

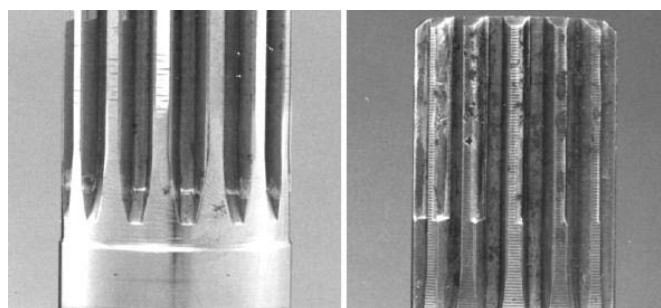
Gambar 4.13 Penampang gear body (crack)

Gambar 4.13 sebelah kiri memperlihatkan adanya retakan pada badan gear. Jangan pergunakan kembali. Gambar 4.13 sebelah kanan memperlihatkan adanya retakan pada badan gear. Jangan pergunakan kembali.

Gear shaft

Gambar 4.14 Penamaan gear shaft

Gambar 4.14 memperlihatkan nomenclature (penamaan) gear shaft.

Gambar 4.15 Penampang gear shaft (grooves and rust)

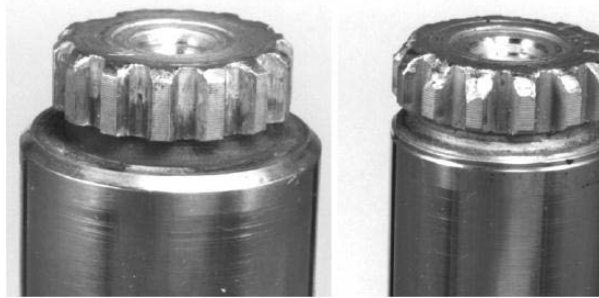
Gambar 4.15 sebelah kiri memperlihatkan adanya cekungan pada wilayah seal yang dapat dirasakan dengan kuku jari. Pergunakan kembali setelah wilayah seal diselamatkan sesuai dengan prosedur yang benar. Gambar 4.15 sebelah kanan memperlihatkan adanya rust (karat) pada wilayah seal. Pergunakan kembali setelah rust (karat) dihilangkan dengan amplas crocus grit 180 dan oli motor (pasang shaft pada lathe untuk pengoperasian).

Spline

Gambar 4.16 Penampang gear shaft spline (fretting)

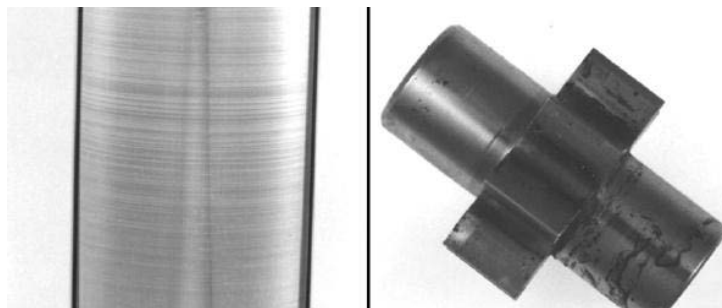
Gambar 4.16 sebelah kiri memperlihatkan spline yang menunjukkan adanya gejala gangguan. Pergunakan lagi setelah mounting (pemasangan)nya disesuaikan untuk menghentikan gangguan.

Catatan:

Jangan pergunakan shaft kembali jika terdapat spline yang melengkung.

Guratan pada spline dapat dirasakan dengan kuku jari (gambar 4.16 kanan). Jangan pergunakan lagi jika guratannya melebihi 0,25 sampai 0,38 mm (0,10 sampai 0,15 inci).

Gambar 4.17 Penampang gear shaft spline (light and heavy damage)

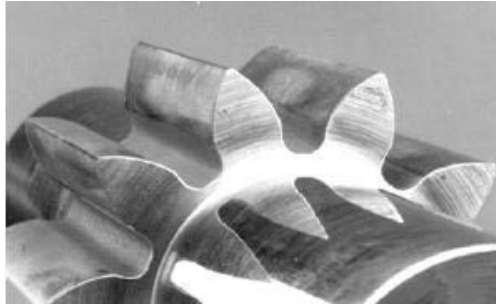
Gambar 4.17 sebelah kiri memperlihatkan kerusakan spline ringan. Komponen ini dapat dipergunakan kembali. Gambar 4.17 sebelah kanan memperlihatkan terjadinya kerusakan spline berat. Komponen ini tidak dapat dipergunakan kembali.

Bearing area

Gambar 4.18 Penampang gear shaft for bearing area (scratches)

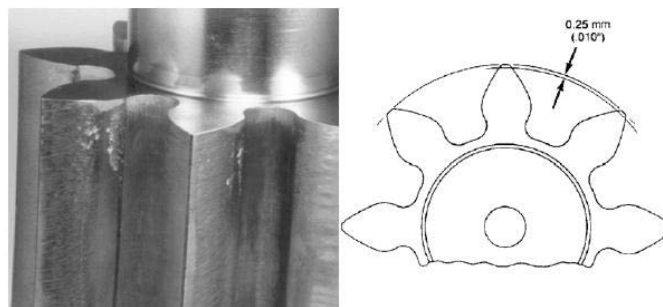
Ketika memperbaiki bearing, pasanglah bearing pada lathe untuk menjalankannya. Gunakan batang datar di belakang amplas crocus untuk menghaluskan bearing dan wilayah permukaan tooth (gerigi) (Gambar 4.18, kiri). Bearing area menunjukkan wear (keausan) yang disebabkan oleh adanya bahan contaminant (pencemar). Pergunakan lagi setelah guratan dihilangkan dengan amplas crocus grit 400 dan oli motor.

Catatan:

Jika rust (karat) menimbulkan terjadinya lubang pada shaft, jangan pergunakan kembali komponen ini.

Permukaan tooth (gerigi)

Gambar 4.19 Penampang gear tooth (scratches)

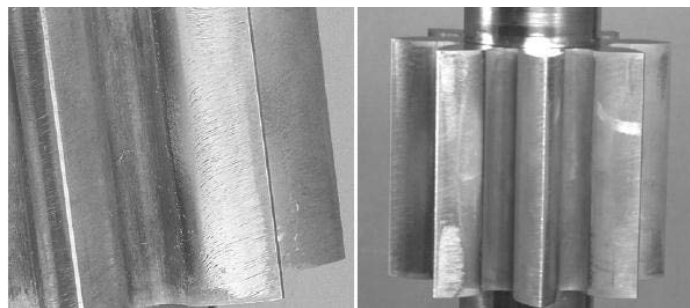
Gambar 4.19 memperlihatkan adanya scratches (goresan) pada permukaan tooth (gerigi) gear. Pergunakan kembali setelah scratches (goresan) dan sayatan tersebut dihilangkan dengan amplas crocus grit 400 dan oli motor. (Pasang pada lathe untuk menjalankannya; gunakan batang datar dibelakang amplas untuk menghaluskan wilayah permukaan tooth (gerigi)).

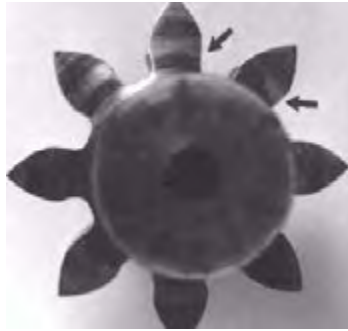
Profile tooth (gerigi)

Gambar 4.20 Penampang gear tooth profile (wear)

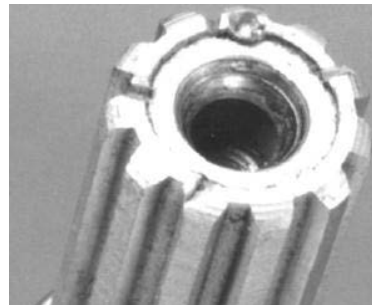
Gambar 4.20 sebelah kiri memperlihatkan kerusakan profile tooth (gerigi) yang parah. Jangan pergunakan kembali. Gambar 4.20 sebelah kanan menunjukkan wear (keausan) pada ujung tooth (gerigi) untuk Grup

3 dan 4 dan Grup 5 dan 8. Wear (keausan) patahan normal pada ujung tooth (gerigi) (lihat Tabel 4.1) memiliki nilai tenggang wear (keausan) untuk model pompa tertentu, dari 0,13 sampai 0,20 mm (0,005 sampai 0,008 inci).

Tabel 4.1 Tabel Keausan untuk Ujung Gear
(semua dalam satuan mili meter dan (inchi)**)**

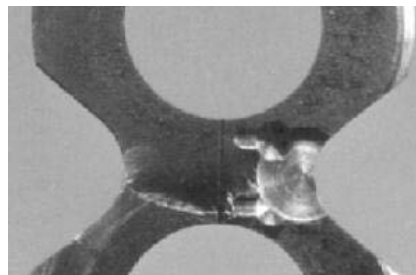
TENGGANG WEAR (KEAUSAN) YANG DIPERBOLEHKAN UNTUK UJUNG GEAR		
Seri pompa	**Diameter baru**	**Wear (keausan) minimal yang diperbolehkan**
HP16	58,19 (2,094)	52,96 (2,085)
FP14	44,75 (1,762)	44,53 (1,753)
FP16/P16	50,70 (1,96)	50,47 (1,987)
FP20	54,59 (2,543)	64,36 (2,534)
FP25	80,87 (3,184)	80,64 (3,175)
FP7	77,32 (3,044)	77,09 (3,035)
FP8	91,44 (3,600)	91,21 (3,591)

Gambar 4.21 Penampang gear tooth profile (wear)

Gambar 4.21 sebelah kiri memperlihatkan adanya wear (keausan) ringan pada profile tooth (gerigi). Komponen ini dapat dipergunakan kembali. Gambar 4.21 sebelah kanan memperlihatkan adanya wear (keausan) berat pada profile tooth (gerigi). Komponen ini tidak dapat dipergunakan kembali.

Gambar 4.22 Penampang gear tooth profile (wear)

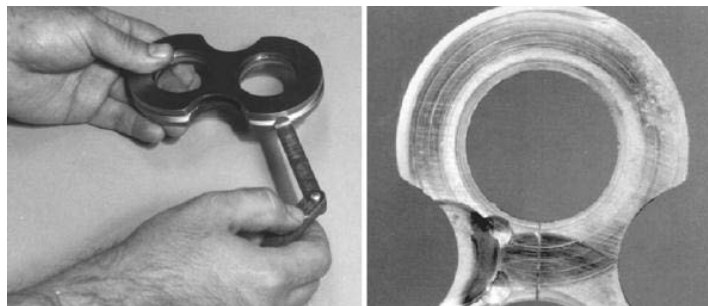
Gambar 4.22 sebelah kiri memperlihatkan adanya wear (keausan) berat pada profile tooth (gerigi) gear. Komponen ini tidak dapat dipergunakan kembali.

Shaft

Gambar 4.23 Penampang shaft (damage)

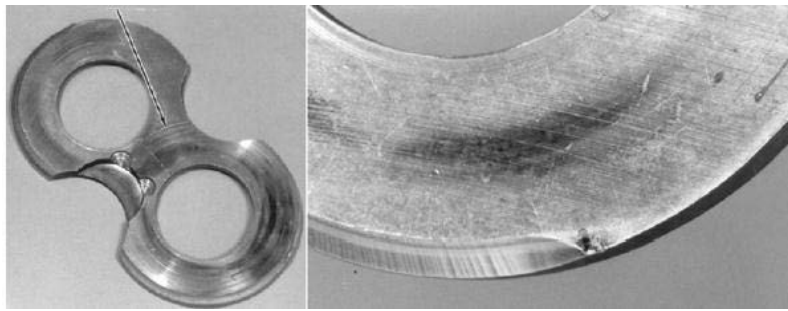
Gambar 4.23 memperlihatkan kerusakan pada ujung shaft. Komponen ini dapat dipergunakan kembali.

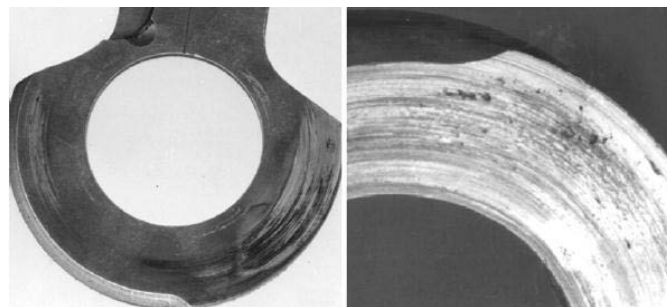
Pressure Plate

Gambar 4.24 Penampang pressure plate (carbon deposits)

Gambar 4.24 memperlihatkan timbunan karbon pada permukaan perunggu. Pergunakan kembali setelah laposan karbon dihilangkan dengan pembersih ultrasonik dan jika plate tidak bengkok; periksa juga ketebalannya.

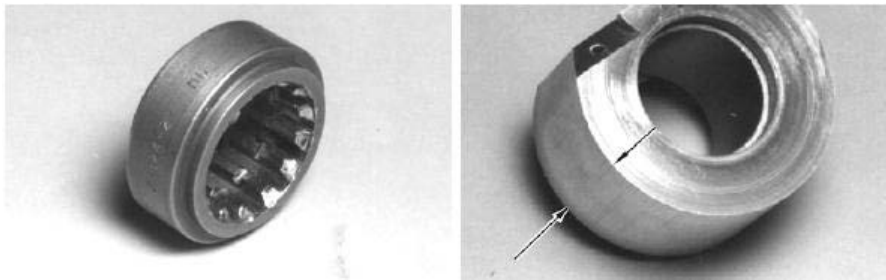
Tanda kecil pada permukaan perunggu dapat dihilangkan dengan prosedur yang disebut “touch lapping”. Untuk melakukan touch lap, gunakan amplat grit crocus 180 pada permukaan pelat sampai permukaan amplas halus. Basahi amplas dengan larutan bersih (yang terbuat dari bensin). Ambil bagian (yang akan dibersihkan) dan taruhlah pada amplas basah denga permukaan yang akan dihaluskan menghadap ke amplas. Gerakkan bagian membentuk angka “8”. Jika telah selesai, cucilah komponen dalam larutan bersih dan biarkan mengering dalam suhu kamar.

Gambar 4.25 Penampang pressure plate (scratches)

Untuk memeriksa apakah plate masih datar, pegang plate tersebut dengan permukaan perunggunya saling berhadapan satu sama lain. Jika terdapat sela 0,18 mm (0,07 inci) diantara keduanya, maka keduanya dianggap terlalu bengkok dan tidak dapat diterima.

Gambar 4.25 sebelah kanan menunjukkan scratches (goresan) pada pressure plate. Pergunakan kembali.

Gambar 4.26 Penampang pressure plate (erosion)

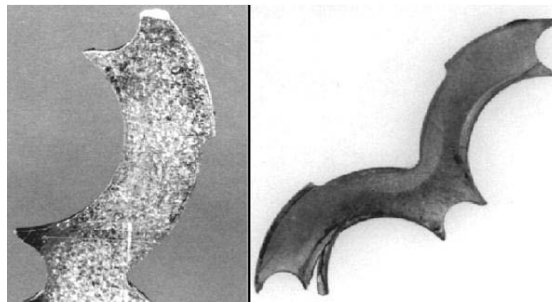
Gambar 4.26 memperlihatkan satu langkah pada pressure plate. Pergunakan kembali jika langkah dapat dihilangkah dengan melakukan prosedur touch lapping dan jika plate memiliki ketebalan yang masih dapat diterima. Gambar 4.26 sebelah kanan menunjukkan terjadinya erosi di dekat pressure equalization chamfer. Pergunakan kembali.

Gambar 4.27 Penampang pressure plate (pitting)

Gambar 4.27 menunjukkan adanya corengan pada permukaan perunggu. Pergunakan kembali setelah corengan tersebut dihapus dengan touch lapping. Gambar 4.27 sebelah kanan menunjukkan terjadinya score (pelubangan) kecil pada pressure plate. Pergunakan kembali jika plate masih memiliki ketebalan yang memungkinkan.

Coupling

Gambar 4.28 Penampang Coupling (damage and wear)

Gambar 4.28 sebelah kiri memperlihatkan adanya kopling yang mengalami kerusakan. Pergunakan kembali jika 75% panjang tiap spline-nya masih dalam kondisi memungkinkan.

Gambar 4.28 memperlihatkan adanya wear (keausan) pada permukaan gear bushing support (ukur ketebalannya). Pergunakan kembali setelah wear (keausan) dihilangkan dengan prosedur touch lapping dan jika komponen masih memiliki ketebalan yang memungkinkan.

Isolation plate

Gambar 4.29 Penampang isolation plate (broken)

Gambar 4.29 sebelah kiri menunjukkan ujung isolation plate yang patah. Jangan pergunakan kembali. Gambar 4.29 sebelah kanan menunjukkan isolation plate yang rusak selama assembly. Jangan pergunakan kembali.

CHECKLIST FORM

Berikut ini adalah contoh checklist form. Checklist form ini dapat disesuaikan dengan jenis komponen atau kebutuhan.

Lembar 1

Technical Analysis Request				
WHEEL TYPE LOADER				
Test / check by :		Request By :		
Customer Name:		Date:		
Model Number:		Serial Number:		
Engine Model:		Serial Number:		
Transmission Type:		Serial Number:		
Equipment Number:		Machine Location:		
Hour Meter Reading:		Additional Hours:		
Total Machine Hours:		WO no :		
Machine Component History				
Meter Reading at Recondition:		**Hours on Component:**		**OMG Hour Range**
Radiator:		Radiator:		
Engine:		Engine:		
Transmission:		Transmission:		
Torque Converter:		Torque Converter:		
Front Differential:		Front Differential:		
Rear Differential:		Rear Differential:		
RT Front Wheel Gr:		RT Front Wheel Gr:		
LT Front Wheel Gr:		LT Front Wheel Gr:		
RT Rear Wheel Gr:		RT Rear Wheel Gr:		
LT Rear Wheel Gr:		LT Rear Wheel Gr:		
Implement Pump:		Implement Pumps:		
Steering Pump:		Steering Pump:		

Lembar 2

VISUAL INSPECTION					
GEAR PUMP					
SATISFACTORY	NEEDS ADJUSTMENT	NEEDS REPAIR	TROUBLESHOOT	DESCRIPTION	COMMENTS
				Face mounting	
				Seal bore	
				Bushing	
				Gear track	
				Seal groove	
				Threaded hole	
				Casting flange	
				Gear shaft	
				Gear shaft spline	
				Gear shaft bearing area	
				Face tooth	
				Tooth profile	
				Pressure plate	
				Coupling	
				Isolation plate	

PEMECAHAN MASALAH

Tabel 4.2 Tabel Pemecahan Masalah

Kemungkinan masalah pompa	Kemungkinan penyebab	Perbaikan yang dibutuhkan
Terjadi aerasi dan score (pelubangan) Pompa berisik	Permukaan oli rendah Oli dingin Saluran hisap kotor Saluran hisap terlalu kecil Saluran hisap terhambat	Isi sampai tingkat yang benar Ganti dengan oli yang sesuai Bersihkan atau ganti Perbesar ukuran saluran Bersihkan penghambat dari saluran
Pompa butuh waktu lama atau tidak bereaksi	Permukaan oli rendah Pressure (tekanan) valve pelepas kurang Pompa aus atau rusak	Isi sampai tingkat yang benar Atur ulang pressure (tekanan) Perbaiki atau ganti pompa
Oli panas	Pengaturan valve pelepas terlalu kecil Oli kotor Permukaan oli rendah Baffle tanki hidarulis tidak sesuai Saluran balikan terletak di atas permukaan oli Shaft pada pompa rusak atau aus	Atur ulang atau ganti valve Buang dan isi kembali dengan oli yang sesuai Isi sampai tingkat yang benar Perbaiki baffle Pasang dibawah permukaan oli Ganti shaft seal
Oli berbuih	Kebocoran udara ke dalam saluran hisap dari tanki ke pompa Jenis oli salah Permukaan oli rendah Baffle tanki hydraulic tidak sesuai Saluran balik berada diatas permukaan oli Shaft pompa rusak atau aus	Kencangkan seluruh sambungan Buang dan isi dengan oli yang sesuai Isi sampai tingkat yang benar Perbaiki lagi baffle Pasang dibawah permukaan oli Ganti shaft seal
Aliran atau pressure (tekanan) dari pompa rendah	Thrust plate rusak Check valve rusak Housing gear aus Rangkaian gear aus Udar masuk ke pompa melalui shaft seal	Ganti thrust plate Ganti check valve Ganti housing gear Ganti rangkaian gear Ganti shaft seal
Shaft seal pompa bocor	Wilayah shaft sekitar seal aus Check valve pada pompa tidak tersegel Ring seal rusak atau aus Saluran wadah buangan tidak terpasang (motor)	Ganti shaft Bersihkan atau ganti check valve Ganti ring seal Pasang drain line

B. ANALISA KERUSAKAN PADA *HYDRAULIC VANE PUMP*

Menggerinda

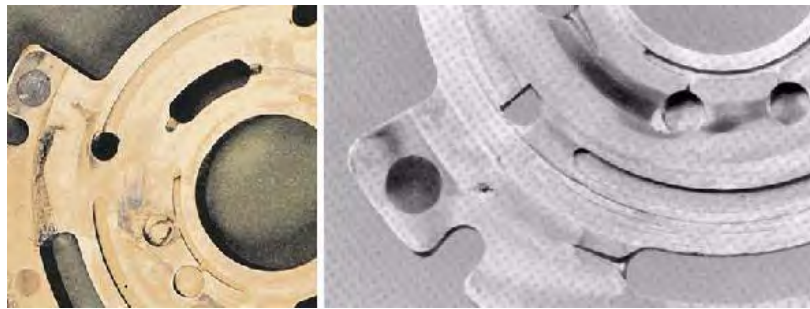
Permukaan perunggu flex plate dapat digerinda utnuk menghilangkan scratches (goresan) dan erosi. Pengerindaan dapat diikuti dengan laping untuk menghasilkan permukaan akhir maksimal 0,50 μ m (20 μ inci). Flex plate dapat dipergunakan kembali setelah sayatan dihilangkan dengan menggerinda permukaan. Permukaan akhir maksimal harus 0,50 μ m (20 μ inci). Plat harus memenuhi spesifikasi ketebalan yang ditentukan pembuatnya. Rata permukaan harus kurang dari 0,064 mm (0, 0025 inci).

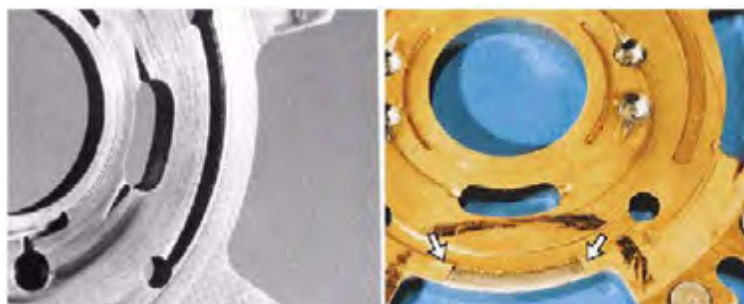
Gambar 4.30 Penampang flex plate (scratches)

Permukaan perunggu mengalami pemudaran warna dan timbul lubang-lubang kecil (Gambar 4.30 kiri). Gunakan kembali. Pemudaran (Gambar 4.30 kanan). Gunakan kembali.

Gambar 4.31 Penampang flex plate (erotion)

Erosi karena aerasi (Gambar 4.31 kiri). Gunakan kembali setelah prosedur penyelamatan.

Permukaan perunggu menunjukkan tanda panas (Gambar 4.31 kanan). Jangan gunakan kembali.

Gambar 4.32 Penampang flex plate (pits and scoring)

Erosi flex plate: menunjukan kondisi inlet yang buruk, baik pressure (tekanan) rendah atau terjadi aerasi (Gambar 4.32). Jangan Gunakan kembali. Permukan perungu mengalami lubang kecil dalam dan sayatan yang dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil (Gambar 4.32 kanan). Jangan Gunakan kembali.

Gambar 4.33 Penampang flex plate (scoring and pealing)

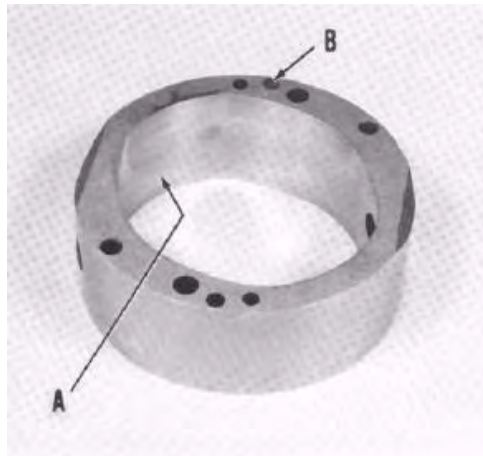
Permukaan perunggu nampak tersayat (Gambar 4.33 kiri. Jangan Gunakan kembali.

Permukaan perunggu mengalami pealing (Gambar 4.33 kanan). Jangan Gunakan kembali.

Gambar 4.34 Penampang flex plate (scoring)

Erosi karena aerasi. Score (pelubangan) terlalu parah untuk diselamatkan (Gambar 4.34 kiri). Jangan Gunakan kembali. Warna gelap dan erosi: menunjukkan suhu sistem yang terlalu tinggi (Gambar 4.34 kanan). Ganti cartridge. Jangan Gunakan kembali.

Gambar 4.35 Penampang flex plate (burn oil residu)

Sisa oli terbakar pada pelat: menunjukkan suhu sistem yang terlalu tinggi (Gambar 4.35). Ganti cartridge dan jangan gunakan kembali.

Cam ring

Gambar 4.36 Penampang cam ring

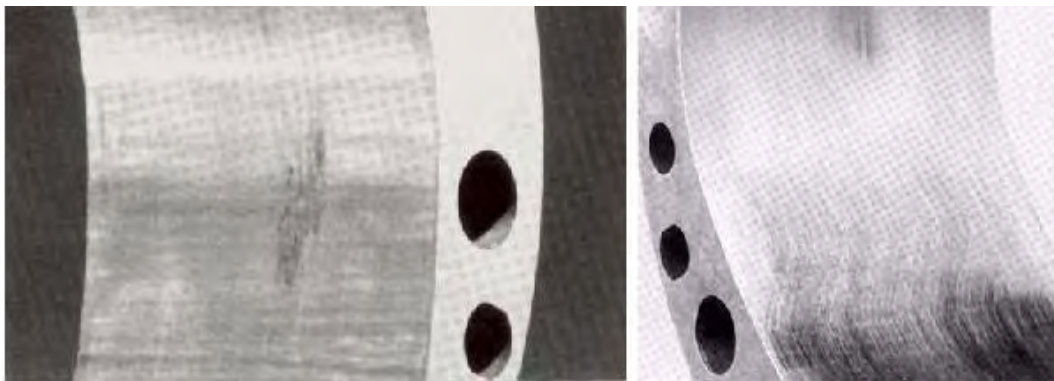
Ketrangan : (A) Path (jalur) baling-baling, (B) lubang pin.

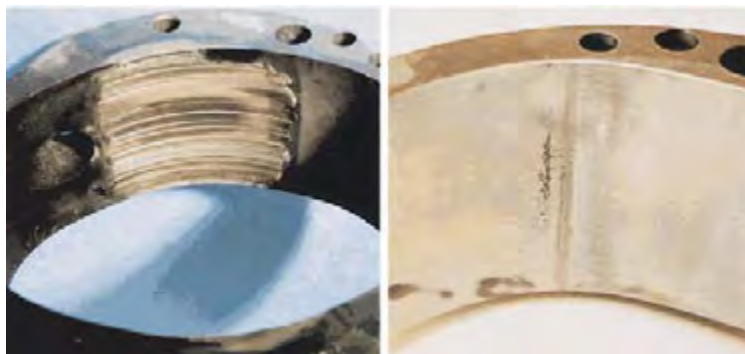
Inspection

Permukaan akhir dan countur path (jalur) baling-baling pentng bagi umur pakai cartridge. Caterpillar tidak menyarankan perbaikan permukaan cam ring path (jalur) baling-baling. Countur path (jalur) baling-baling harus mengikuti, dengan batas toleransi ketat, path (jalur) yang dikembangkan oleh master ring and luban pin cam ring. Ketentuan permukaan akhir juga sangat ketat dan tidak memungkinkan dilakukan perbaikan permukaan cam ring.

Semua pompa baling-baling cam ring akan menunjukan tanda permukaan mengkilap kaena pengoperasian normal. Ripple (riak) ringan sedalam mulai dari 0,03mm sampai 0,05 mm (0,001 sampai 0,002 inci) dapat dipoles untuk diGunakan kembali.

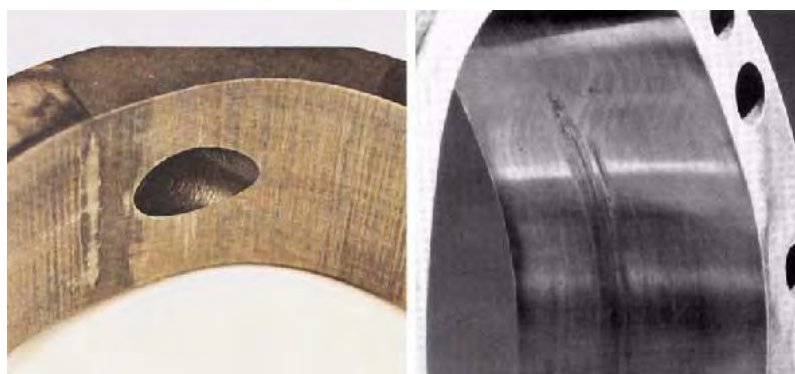
Permukaan yang mengkilap karena wear (keausan) normal (Gambar 4.37). Gunakan kembali.

Gambar 4.37 Penampang cam ring (wear)

Gambar 4.38 Penampang cam ring (small mark)

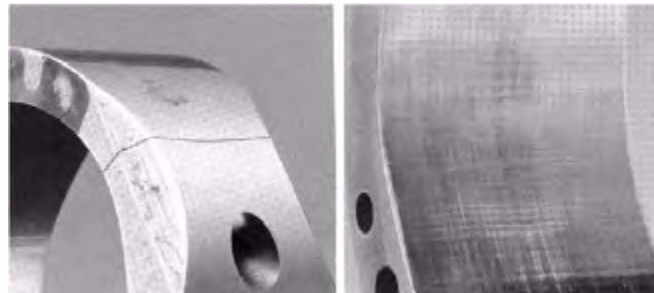
Tanda kecil pada path (jalur) baling-baling (Gambar 4.38 kiri). Gunakan kembali. – setelah menghilangka bekas bakar dengan kertas emery grit 600 dan sedikit oli hydraulic. Path (jalur) polesan pada path (jalur) baling-baling (Gambar 176, kanan). Gunakan kembali.

Gambar 4.39 Penampang cam ring (seizure, notced and erosion)

Kekakuan dipercepat dengan suhu tinggi pada cartridge (Gambar 4.39 kiri). Jangan Gunakan kembali. Cam ring yang terpotong dan bekas erosi: menunjukkan kondisi inlet yang buruk, baik karena pressure (tekanan) rendah ataupun aerasi (Gambar 4.39 kanan). Jangan Gunakan kembali.

Gambar 4.40 Penampang cam ring (aerated, frosting and ripple)

Bekas panas permukaan cam: menunjukkan aerasi pada inlet (Gambar 4.40 kiri). Jangan gunakan kembali. Pembekuan cam ring dan ripple (riak): menunjukkan kontaminasi fluida dalam sistem (Gambar 4.40 kanan). Jangan gunakan kembali.

Gambar 4.41 Penampang cam ring (discoloration, ripple and large mark)

Pemudaran warna cam ring dan ripple (riak): menunjukan suhu sistem terlalu tinggi (Gambar 4.41 kiri). Jangan gunakan kembali. Tanda besar

pada path (jalur) baling-baling (Gambar 4.41 kanan). Jangan gunakan kembali.

Gambar 4.42 Penampang cam ring (crack and scratches)

Cam ring retak (Gambar 4.42 kiri). Jangan gunakan kembali. Scratches (goresan) ringan pada path (jalur) baling-baling (Gambar 4.42 kanan). Jangan gunakan kembali.

Rotor

Gambar 4.43 Bagian-bagian rotor

(C) Drive spline.

(D) Vane slot.

(E) Permukan rotor.

Pembersihan

Cuci rotor dengan larutan bensin bersih. Biasanya cukup dibilas ringan.

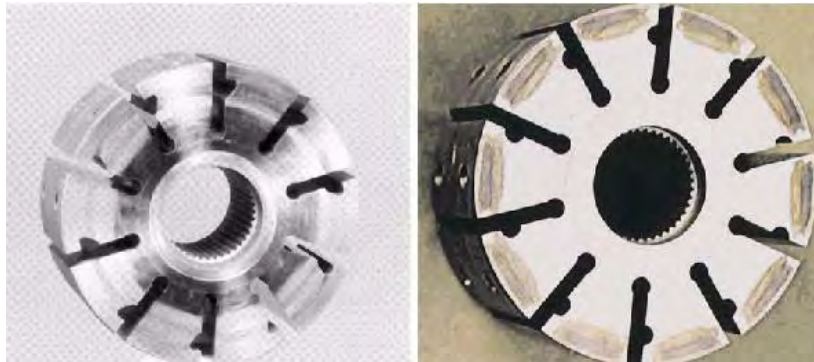
Inspection

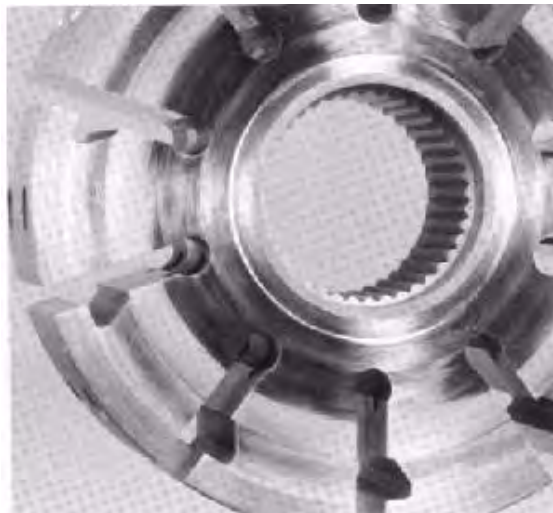
Perisa wear (keausan) vane slot dan rotor ke jarak aman ring pada saat assembly. Jarak aman baling-baling ke slot harus kurang dari 0,03 mm (0,001 inci).

Gambar 4.44 Penampang rotor (vane slot clearance)

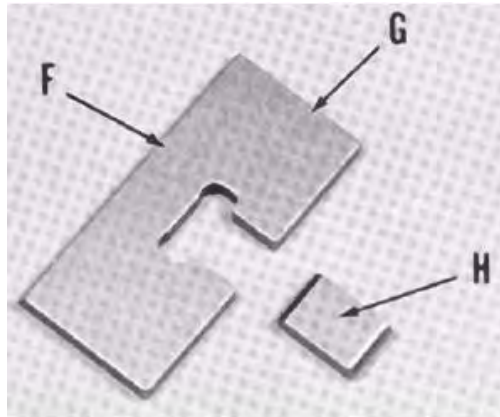
Inspection jarak aman vane slot dengan gauge feeler (Gambar 4.44).

Gambar 4.45 Inspection jarak aman ring ke rotor dengan Dial indicator group

1. Atur indikator pada angka 0 pada rotor (Gambar 4.45 kiri).
2. Gerakkan indikator ke ring dan baca jarak amannya (Gambar 4.45 kanan). Jarak aman rotor mengacu pada spesifikasi pembuatnya.

Gambar 4.46 Penampang rotor (scratches and rotor smear)

Scratches (goresan) tipis pada permukaan rotor. Tidak dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil (Gambar 4.46 kiri). Gunakan kembali. rotor dapat diselamatkan dengan menggunakan lapping jika jarak aman ring ke rotor telah didapat. Polesan rotor: menunjukan kelebihan tekanan atau pressure (tekanan) inlet rendah (Gambar 4.46 kanan). Gunakan kembali. setelah penyelamatan.

Gambar 4.47 Penampang rotor (scratches)

Scratches (goresan) pada permukaan rotor yang dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil (Gambar 4.47). Jangan gunakan kembali.

Vane dan vane insert

Gambar 4.48 Bagian-bagian vane

(F) Pucuk baling-baling.

(G) Ujung baling-baling.

(H) Vane insert.

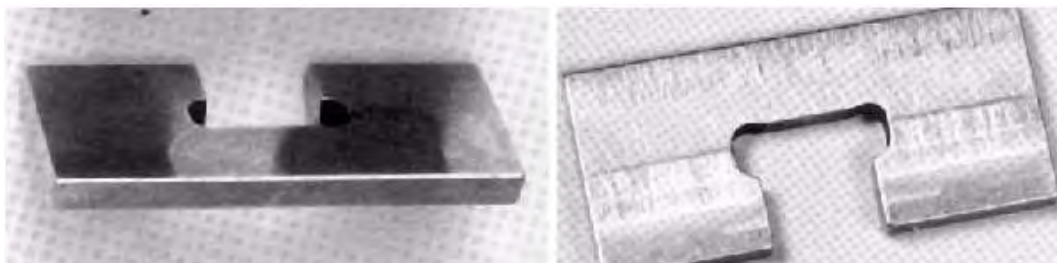
Pembersihan

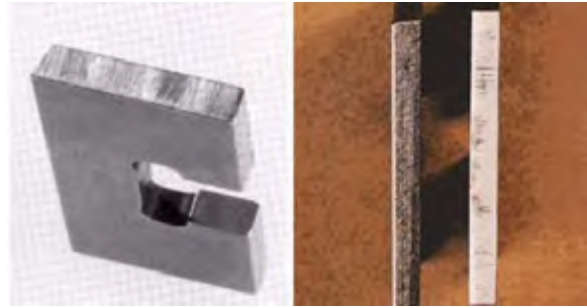
Cuci baling-baling dan vane insert (sisipan baling baling) dengan larutan bensin bersih. Cukup dibasuh ringan.

Inspection

Gunakan vernier calliper utnuk mengukur ketingan baling-baling. Patuhi prosedur pembuatnya untuk ketinggian minimum setelah penggerindaan. Sudut pucuk harus $20^0 \pm 5^0$ dan lebar rata pucuk harus 0,28 sampai 0,43 mm (0,011 sampai 0,01 inci).

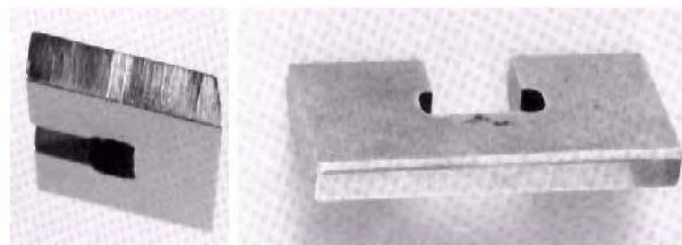
Gambar 4.49 Vane (aeration)

Gambar 4.49 merupakan perbandingan pucuk baling-baling baru (kanan) dengan satu yang terkena aerasi (kiri). Baling-baling (tengah) menunjukan aus karena kontaminasi juga disertakan.

Gambar 4.50 Vane (wear)

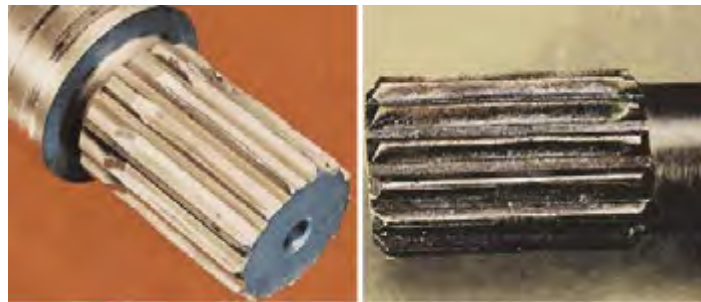
Pucuk baling-baling dengan wear (keausan) yang dapat diterima (Gambar 4.50 kiri). Baling-baling dengan kausan dari kontaminasi (Gambar 4.50 kanan). Gunakan kembali - jika jarak aman baling-baling ke slot dalam batas aman dan scratches (goresan) tidak dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil.

Gambar 4.51 Vane (scratches)

Ujung baling-baling mengalami scratches (goresan) tipis yang tidak dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil (Gambar 4.51 kiri). Gunakan kembali. Gambar 189, sebelah kanan menunjukkan tampilan untuk baling-baling baru (kiri) dibandingkan dengan tampilan yang mebeki dari baling-baling yang terkena kontaminasi flida. Catat pucuk yang aus pada baling-baling di kanan.

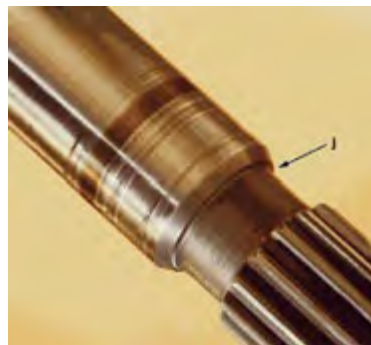
Gambar 4.52 Vane (scratches)

Vane yang tergores: menunjukkan kelebihan pressure (tekanan) (Gambar 4.52 kiri). Jangan gunakan kembali. Gambar 4.52 sebelah kanan menunjukan tampilan vane baru (kiri) dibandignkan dengan tampilan baling-baling beku yang tekena kontaminasi fluida (kanan).

Gambar 4.53 Vane (scratches and wear)

Ujung baling-baling tergores yang dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil (Gambar 4.53 kiri). Jangan gunakan kembali.

Pucuk baling-baling dengan wear (keausan) parah (Gambar 4.53 kanan). Jangan gunakan kembali.

Shaft

Gambar 4.54 Shaft (wear)

Wear (keausan) drive spline yang disebabkan oleh kurangnya oli transmisi melalui saluran drive pompa (Gambar 4.54 kiri). Jangan gunakan kembali. Contoh korosi yang disebabkan oleh kurangnya olian pada ujung spline drive dari pompa shaft (Gambar 4.54 kanan). Jangan gunakan kembali.

Gambar 4.55 Shaft (grooves in seal area)

Ceruk pada wilayah seal dapat dirasakan dengan kuku jari atau ujung pensil (Gambar 4.55). Catat jarak shoulder (J). gunakan kembali – setelah wilayah seal yang diselamatkan sesuai prosedur yang benar (lihat "Prosedur penyelamatan wilaya shaft seal").

N. Rangkuman

1. Komponen yang paling kritikal dilakukan Technikal Analisis adalah shaft yang bersentuhan dengan bearing.
2. Cacat yang terjadi pada komponen adalah
   a. Scratch
   b. Crack
   c. Discoloration
   d. Break
   e. Broken
   f. Bent
   g. Wear
   h. Pitting
   i. Erosion
   j. Aeration
   k. Smear
   l. Burn oil residu
   m. Carbon deposit
   n. Notced
   o. Fretting

O. Evaluasi

A. EVALUASI DIRI

Penilaian Diri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampuan siswa bersangkutan.					
No.	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Saya dapat menjelaskan proses Technical Analysis-1 pada sistem hidrolik				
C	**Keterampilan**				
1	Saya dapat mendemonstrasi-kan proses Technical Analysis-1 pada sistem hidrolik				

B. REVIEW

1. Gambarkan rangkaian dasar dari sistem hidrolik !
2. Jelaskan bagaimana cara kerja dari sistem hidrolik yang telah anda gambarkan !
3. Bagaimana tekanan muncul pada sistem hidrolik ?
4. Sebutkan nama-nama bagian dari *hydraulic tank* ?
5. Apakah perbedaan antara *hydraulic pump* dan *hydraulic motor* ?
6. Sebutkan macam-macam seal yang ada pada *hydraulic cylinder* ?
7. Bagaimana teknik penyambungan dan perpotongan *lines* pada *scematic hydraulic* ?
8. Apakah perbedaan antara *pilot operated relief valve* dengan *direct relief valve* ?
9. Kenapa *flow devider* jenis *spool* lebih lazim digunakan pada *hydralic system* daripada jenis *gear* !
10. Jelaskan cara kerja dari *vane pump* !

C. PENERAPAN

1. **Lakukanlah pengamatan terhadap komponen-komponen dalam sistem hidrolik, baik yang terpasang pada *machine/unit,* atau yang sudah dilepas dari *machine/unit* !**
2. **Identifikasilah bagaimana aliran sistem hidrolik apabila *machine/unit* tersebut melakukan kerja yang berhubungan dengan sistem hidrolik. Misalnya bagaimana *Excavator* menggerakan *bucket, stick, boom, swing,* dan sebagainya !**
3. **Identifikasilah nama-nama bagian dari komponen-komponen hidrolik dan bagaimana fungi kerjanya !**

BAB 5 SUSPENSI ALAT BERAT

P. Deskripsi

Pembelajaran memahami cara kerja Suspensi adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran Power Train dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Suspensi yang didalamnya akan dibahas mengenai :

A. Suspensi
B. Sistem Suspensi Alat Bergerak
C. Suspensi Pneumatik

Q. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan Pembelajaran pada Bab V ini siswa diharapkan dapat :

A. Memahami tujuan Suspensi pada Alat berat

B. Mengidentifikasi komponen-komponen suspensi alat berat

C. Mengidentifikasi Suspensi pada alat berat jenis wheel loader dan jenis dan jenis Track

D. Menjelaskan prosedur penyetelan suspensi pada alat berat

E. Mengidentifikasi suspensi pneumatik pada alat berat

R. Uraian Materi

Tujuan Suspensi

Suspensi menghubungkan frame kendaraan (chassis) dengan ban dan termasuk spring dan peredam kejut (shock absorber). Frame menopang komponen-komponen utama kendaraan dan sistem suspensi banyak axle diklasifikasikan sebagai pembagian beban (load-sharing) atau non-pembagian beban (non-load sharing). Tujuan dari setiap sistem suspensi adalah untuk:

- Menjaga kontak ban dengan jalan.
- Menopang beban yang diberikan.
- Mengisolasi kendaraan dan bebannya dari kejutan jalan (road shock).
- Mentransmisikan tenaga driving (kemudi), rem (Braking) dan gerakan ke rangka.
- Menyediakan torque reaction driving (kemudi), rem (Braking) dan gerakan.
- Memberikan kekerasan gulungan (roll stiffness).
- Menahan gerakan axle lateral pada saat berada di pojok.

- Menolak gerakan axle longitudinal pada saat mengerem (Braking) atau mempercepat.
- Memberikan gerakan roda yang cukup baik pada kondisi jalan yang tidak teratur.

Peringkat (Rate) spring, perjalanan suspensi, roll stiffness, frekuensi pitch, redaman, massa dengan spring dan tanpa spring, peringkat (Rate) beban, peraturan dan pembagian beban merupakan faktor-faktor yang diperhitungkan dalam perancangan suspensi. Sistem suspensi yang ideal dapat membuat frame kendaraan bergerak di jalan tanpa ketiga gerakan suspensi dasar yang dibahas pada Faktor-faktor Suspensi.

Faktor-faktor Suspensi

Terdapat tiga faktor dasar suspensi. Antara lain:

1. Gerak melambung / bounce (baik benturan maupun pantulan), gerakan vertikal keseluruhan kendaraan.
2. Gerak setengah lingkaran (pitch), suatu gerakan seperti kursi roda dari depan ke belakang.
3. Gerak menggulung / roll, gerakan di sekitar axle membujur yang dihasilkan oleh gaya sentrifugal pada saat membelok.

Ban mendefleksikan (deflect) dan menahan (absorb) ketidaknormalan yang kecil di jalan namun guncangan-guncangan dan lubang-lubang besar ditahan oleh spring suspensi. Sewaktu ban naik dan turun sesuai permukaan jalan, spring dapat menyerap banyak gerakan sehingga frame bergerak lebih sedikit dibandingkan roda.

Massa dengan pegas (Sprung Mass) / Massa tanpa pegas (Unsprung Mass)

Segala sesuatu yang ditopang oleh spring merupakan massa dengan spring. Bagian-bagian kendaraan yang mengikuti permukaan jalan sesungguhnya merupakan massa tanpa spring. Setiap komponen merupakan massa dengan spring atau tanpa spring. Rasio massa dengan spring dan tanpa spring memiliki dampak penting terhadap pengendalian kendaraan di atas permukaan yang kasar.

Perjalanan Suspensi / Suspension Travel

Jumlah gerakan suspensi vertikal menentukan pengendalian pada jalan yang kasar. Gerakan vertikal total suspensi disebut perjalanan suspensi (suspension travel).

Kendaraan dengan perjalanan suspensi dalam jumlah besar dapat didriving (kemudi)kan pada jalanan yang kasar tanpa menyentuh bagian dasar suspensi (bottoming). Bottoming terjadi pada saat suspensi menyentuh bump stop pada akhir perjalanan. Bottoming terdengar seperti suara benturan yang keras dan terkadang dapat dirasakan sebagai suatu kejutan. Gerakan keatas suspensi disebut “benturan” sementara gerakan kebawah disebut “pantulan”.

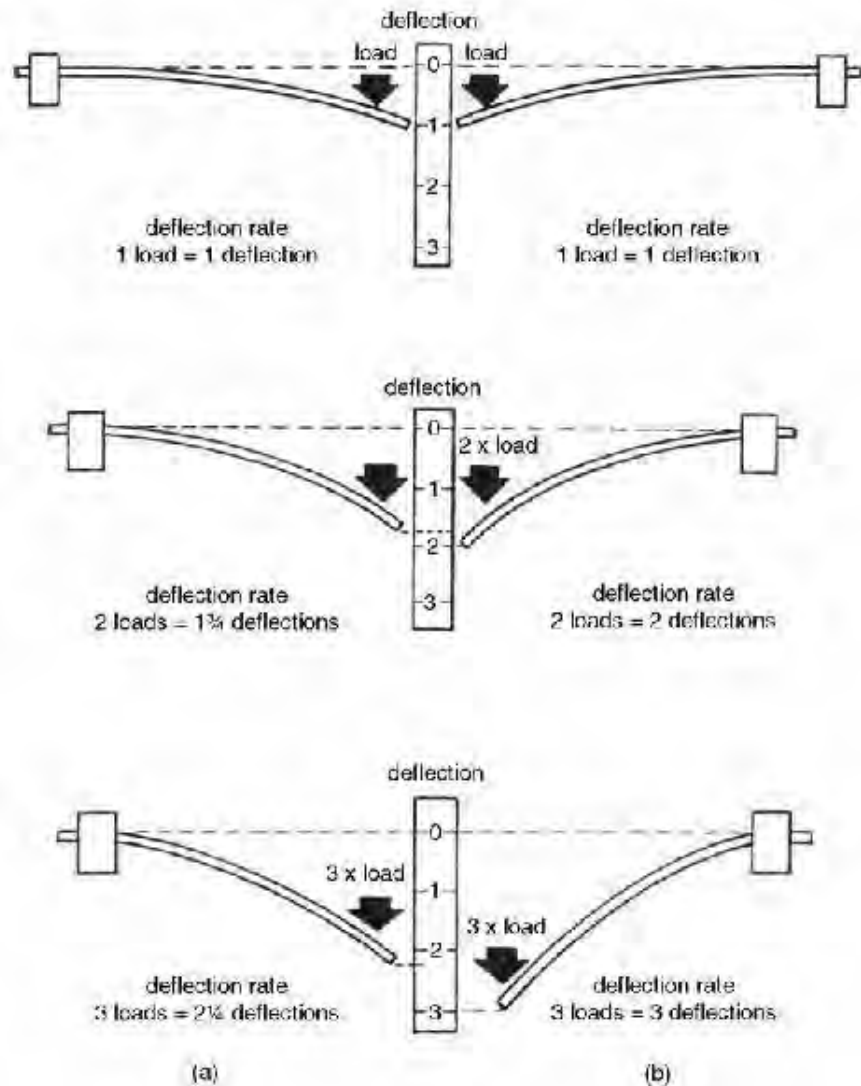
Gerakan suspensi merupakan kombinasi antara gerakan vertikal dari massa yang ditopang spring, gerakan menggulung ke samping kendaraan, gerakan setengah lingkaran (pitch) dan gerakan vertikal massa tanpa spring. Posisi suspensi pada saat kendaraan dalam kondisi diam disebut posisi statis dimana tidak terdapat gerakan frameyang menggulung (roll), gerakan melingkar (pitch) atau gerakan suspensi vertikal. Semua pengukuran suspensi dan framedilakukan dalam posisi statis.

Peringkat pegas (Spring Rate)

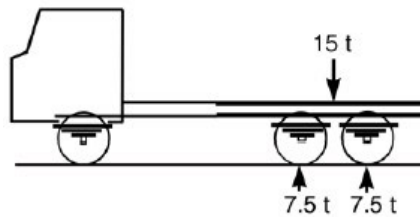
Spring memiliki “peringkat (Rate)” (atau variasi peringkat (Rate)) terlepas apa pun bahan atau metode penempatan spring yang digunakan. Peringkat (Rate) spring merupakan suatu pengukuran kekerasan spring. Besaran ini dinyatakan sebagai beban yang diberikan pada spring dibagi dengan defleksi yang diakibatkan oleh beban tersebut. Spring coil baja, spring rubber, spring batang tekanan (torsion bar spring), spring daun, dan spring udara atau minyak semuanya dapat ditentukan dalam peringkat (Rate) satuan kompresi kilogram per milimeter, atau dalam torsi per derajat putar.

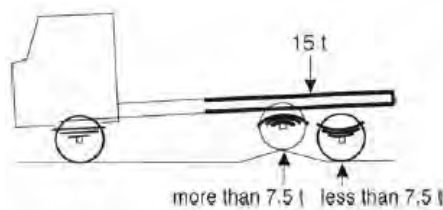
Spring harus dirancang untuk:

1. Cocok dengan kemampuan membawa beban kendaraan.
2. Mencegah kerusakan pada kendaraan dan beban bahkan pada saat mengemudi melalui tonjolan dan lubang.
3. Memberikan kendaraan suatu kualitas berkendara yang sesuai.

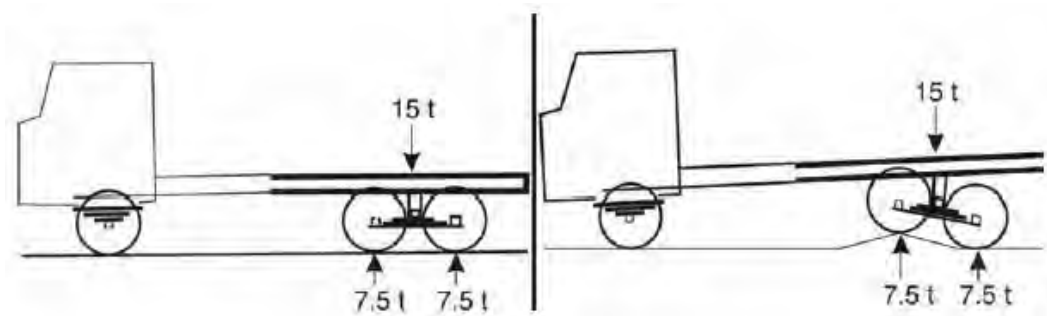
Untuk memberikan kendaraan berat suatu kualitas berkendara yang cukup nyaman dalam semua kondisi beban, beberapa pabrik pembuat menggunakan spring dengan peringkat (Rate) yang berbeda-beda. Pegas Daun (Leaf Spring) – Peringkat (Rate) Spring

Gambar 5.1

Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1, jika suatu spring daun didefleksi (deflected) 10 milimeter oleh bebasn seberat 100 kilogram driving (kemudi)an didefleksi 10 milimeter lebih jauh utnuk setiap beban 100 kilogram yang ditambahkan, maka spring tersebut merupakan spring dengan peringkat (Rate) konstan. Namun, jika spring lain mendefleksikan lebih sedikit setiap kali beban 100 kilogram ditambahkan pada spring tersebut, maka spring tersebut merupakan spring dengan peringkat (Rate) variabel. Ini berarti spring dengan variabel menjadi lebih padat saat spring tersebut berkompresi.

Tanpa Pembagian Beban

Gambar 5.2

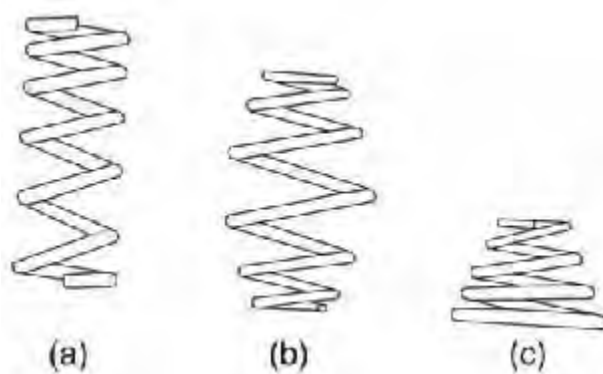
Prinsip-prinsip sistem suspensi pembagian beban dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan operasi dari suspensi axle gabungan (tandem axle suspension). Gambar 5.2 menjelaskan suspensi axle gabungan yang tidak menggunakan prinsip pembagian beban. Dalam contoh ini, beban total suspensi belakang adalah 15 ton dengan masing-masing axle menopang separuh dari jumlah beban (7,5 ton). Situasi ini hanya terjadi pada saat kendaraan sedang berdiri diam atau berada pada permukaan yang datar dan mulus.

Gambar 5.3

Namun, jika kendaraan tersebut sedang bergerak dan sebuah roda menyentuh tonjolan (Gambar 5.3), spring pada bagian roda akan berkompresi dan akan menopang beban yang lebih besar. Karena beban suspensi total tidak berubah, beban yang ditopang oleh roda kedua akan dikurangi oleh jumlah yang sama. Dengan demikian sistem suspensi ini bukanlah sistem pembagian beban.

Pembagian Beban / Load Sharing

Gambar 5.4

Gambar 5.4 menunjukkan suspensi axle gabungan yang merupakan pembagian beban. Sistem ini terdiri atas sebuah batang (beam) dengan sebuah axle yang ditempatkan pada kedua ujung batang. Batang ini berputar pada titik tengahnya, dari bracket pada framekendaraan. Sebagaimana pada sistem tanpa pembagian beban, jedua axle membagi beban dalam jumlah yang sama pada kendaraan dalam keadaan diam pada suatu permukaan yang datar dan mulus. Namun pada saat sebuah roda membentur tonjolan, batang (beam) akan tetap membagi beban dalam jumlah yang sama untuk kedua axle.

Pegas Spiral (Coil Spring) – Peringkat (Rate) Spring / Spring Rate

Spring coil ber-beda-beda dalam bentuk, ukuran dan peringkat (Rate) defleksinya. Jenis spring yang digunakan dalam sistem suspensi akan bergantung pada jenis kendaraan, beban yang harus ditopang serta rancangan suspensi. Kendaraan komersial yang ringan akan memiliki spring yang kuat dan cukup padat, sementara kendaraan penumpang akan memiliki spring yang jauh lebih ringan dan lebih fleksibel.

Gambar 5.5 - Pegas Spiral

Tiga jenis spring coil yang berbeda ditunjukkan dalam Gambar 5.5, walaupun terdapat banyak rancangan yang berbeda. Coil spring dapat disusun dengan selisih jarak yang sama (lingkar seragam) atau dengan selisih jarak yang berbeda (lingkar variabel). Batang (rod) spring dapat memiliki ketebalan yang seragam, atau dapat menjadi semakin tipis mendekati ujung spring. Bentuk spring dapat berupa cylinder (a), barrel (b), kerucut (c) atau rancangan lainnya.

Umumnya, spring cylinder dengan lingkar dan diameter batang yang seragam akan memiliki peringkat (Rate) defleksi yang konstan. Hal ini berarti, pada saat spring sedang di tekan, panjangnya akan berkurang dalam proporsi yang sama dengan berat beban yang diberikan. Spring-spring lain, melalui bentuk, variabel lingkar coil, atau variabel diameter batang, dirancang untuk memiliki peringkat (Rate) defleksi variabel. Spring tersebut akan memberikan kondisi berkendara yang lembut karena sebagian spring selalu mendefleksikan beban yang ringan dengan baik.

Spring sering kali ditandai melalui kode atau identifikasi warna. Spring mungkin nampak serupa namun memiliki peringkat (Rate) beban yang berbeda.

Terdapat beberapa cara untuk menempatkan spring dalam sistem suspensi. Tidak seperti spring daun, spring coil tidak memiliki kekakuan samping dan, jika hanya mengandalkan spring itu sendiri, tidak dapat menahan roda dalam posisinya. Dengan demikian, berbagai control arm dan control rod digunakan bersama spring coil sebagai bagian dari pengaturan suspensi. Sistem ini mengendalikan gerakan menyamping dan gerakan axle rangkaian roda, sehingga posisinya terjaga. (Gerakan menyamping adalah gerakan kendaraan dari satu sisi ke sisi lain, dan gerakan axle adalah gerakan dari depan ke belakang kendaraan).

S. Rangkuman

1. Tujuan Suspensi pada Alat Berat

- Menjaga kontak ban dengan jalan.
- Menopang beban yang diberikan.
- Mengisolasi kendaraan dan bebannya dari kejutan jalan (road shock).
- Mentransmisikan tenaga driving (kemudi), rem (Braking) dan gerakan ke rangka.
- Menyediakan torque reaction driving (kemudi), rem (Braking) dan gerakan.
- Memberikan kekerasan gulungan (roll stiffness).
- Menahan gerakan axle lateral pada saat berada di pojok.
- Menolak gerakan axle longitudinal pada saat mengerem (Braking) atau mempercepat.

2. Faktor suspensi Alat Berat

Terdapat tiga faktor dasar suspensi. Antara lain:

1. Gerak melambung / bounce (baik benturan maupun pantulan), gerakan vertikal keseluruhan kendaraan.
2. Gerak setengah lingkaran (pitch), suatu gerakan seperti kursi roda dari depan ke belakang.
3. Gerak menggulung / roll, gerakan di sekitar axle membujur yang dihasilkan oleh gaya sentrifugal pada saat membelok.

3. - Massa dengan pegas (Sprung Mass)
- Massa tanpa pegas (Unsprung Mass)

Segala sesuatu yang ditopang oleh spring merupakan massa dengan spring. Bagian-bagian kendaraan yang mengikuti permukaan jalan sesungguhnya merupakan massa tanpa spring. Setiap komponen merupakan massa dengan spring atau tanpa spring. Rasio massa dengan spring dan tanpa spring memiliki dampak penting terhadap pengendalian kendaraan di atas permukaan yang kasar.

4. perjalanan suspensi (suspension travel)

Jumlah gerakan suspensi vertikal menentukan pengendalian pada jalan yang kasar. Gerakan vertikal total suspensi disebut perjalanan suspensi (suspension travel). Kendaraan dengan perjalanan suspensi dalam jumlah besar dapat didriving (kemudi)kan pada jalanan yang kasar tanpa menyentuh bagian dasar suspensi (bottoming).

5. Peringkat pegas (Spring Rate)

Spring memiliki "peringkat (Rate)" (atau variasi peringkat (Rate)) terlepas apa pun bahan atau metode penempatan spring yang digunakan. Peringkat (Rate) spring merupakan suatu pengukuran kekerasan spring.

6. Jenis Suspensi

a. Pegas Daun (Leaf Spring) – Peringkat (Rate) Spring
b. Pegas Spiral (Coil Spring) – Peringkat (Rate) Spring / Spring Rate

7. Prinsip Pembagian Beban

- **Tanpa Pembagian Beban**

Prinsip-prinsip sistem suspensi pembagian beban dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan operasi dari suspensi axle gabungan (tandem axle suspension).

- **Pembagian Beban / Load Sharing**

Sistem ini terdiri atas sebuah batang (beam) dengan sebuah axle yang ditempatkan pada kedua ujung batang. Batang ini berputar pada titik tengahnya, dari bracket pada framekendaraan. Sebagaimana pada sistem tanpa pembagian beban, jedua axle membagi beban dalam jumlah yang sama pada kendaraan dalam keadaan diam pada suatu permukaan yang datar dan mulus.

8. Kelebihan pegas spiral

- Coil spring dapat disusun dengan selisih jarak yang sama (lingkar seragam) atau dengan selisih jarak yang berbeda (lingkar variabel).

- Batang (rod) spring dapat memiliki ketebalan yang seragam, atau dapat menjadi semakin tipis mendekati ujung spring.

- Bentuk spring dapat berupa cylinder (a), barrel (b), kerucut (c) atau rancangan lainnya.

T. Evaluasi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan jelas dan benar !

1. Jelaskan 9 tujuan Suspensi pada alat berat !
2. Terangkan 3 faktor Suspensi alat berat !
3. Jelaskan apa yang dimaksud Sprung mass dan Unsprung mass!
4. Jelaskan perjalanan suspensi (suspension travel) pada kendaraan berat !
5. Apa yang dimaksud dengan Spring Rate, jelaskan!
6. Jelaskan kelebihan pegas daun (Leaf spring) dibandingkan dengan pegas Spiral (coil spring) !
7. Jelaskan prinsip-prinsip pembagian beban pada suspensi alat berat!
8. Terankan kelebihan suspensi dengan menggunakan pegas spiral dibanding-kan dengan menggunakan pegas daun!

U. Uraian Materi

B. Sistem Suspensi Alat Bergerak

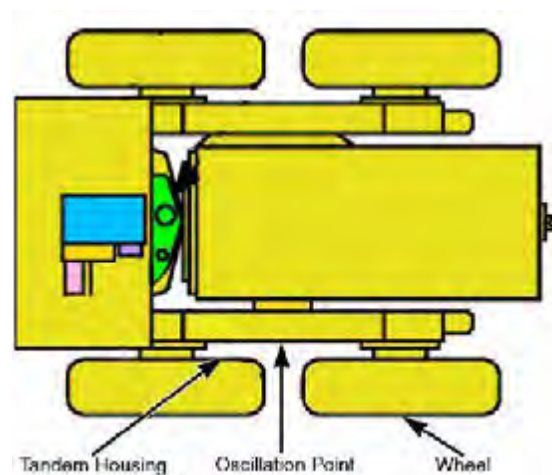
Wheel Loader

Wheel loader biasanya menggunakan suspensi jenis axle solid dan mengandalkan pergerakan ban untuk menahan/menyerap kejutan-kejutan jalan dan karena itu, wheel loader mudah bergoyang saat kecepatan rendah pada permukaan jalan yang kasar. Axle depan dibaut langsung ke frame depan mesin dan mesin tersebut dirancang agar beban yang dibawa oleh bucket dapat distabilkan.

Axle belakang wheel loader ditempatkan pada frame belakang dengan mekanisme putar. Hal ini membuat axle belakang dapat bergerak (oscillate) sehingga ban dapat menjaga kontak dengan jalan pada permukaan yang tidak rata.

Backhoe Loader

Susunan axle dalam backhoe loader mirip dengan susunan dalam wheel loader kecuali axle depan ditempatkan pada frame dengan sebuah susunan sumbu putar pusat (centre pivot arrangement) dan axle belakang ditempatkan dengan kuat pada rangka.

Suspensi Gabungan Osilasi (Oscillating Tandem Suspension)

Gambar 5.6 – Suspensi Gabungan Suspensi (Dari Atas)

Suspensi gabungan osilasi ini merupakan sebuah variasi dari axle batang yang padat (solid mounted beam axle). Suspensi ini terdiri dari sebuah "axle hidup", yang ditempatkan secara langsung pada frame utama mesin (Gambar 5.7).

Axle batang (beam axle) memiliki sebuah rangkaian bogie yang dipasang pada setiap ujungnya. Setiap bogie memiliki axle "hidup" pada ujung housing, dimana hub dan roda ditempatkan.

Susunan bantalan membuat bogie atau rumahnya (housing) untuk bergerak naik dan turun terhadap gerakan osilasi. Rangkaian pivot (pivot assembly) juga menyerap setiap dorongan samping yang dihasilkan pada gabungan (tandem) pada saat membelok atau bekerja pada suatu lerengan.

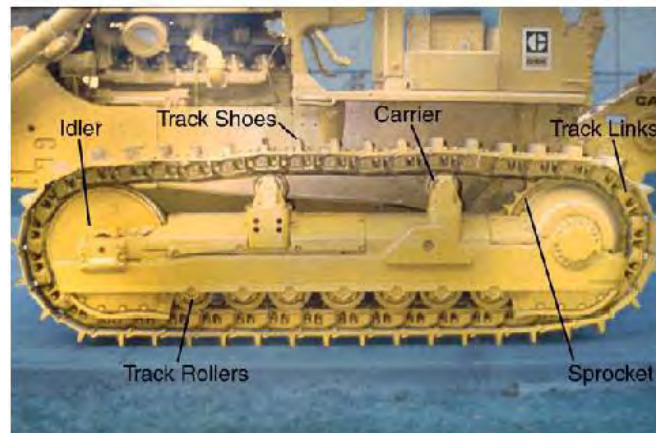
Gambar 5.7 – Motor grader

Susunan jenis ini umumnya dipergunakan pada grader dan merupakan jenis axle pembagian beban (Gambar 5.8). Karena bantalan sumbu putar (pivot bearing) hanya akan meningkat separuh jarak, salah satu dari roda driving (kemudi) akan menaik untuk berkendara melewati sebuah tonjolan, dan karena grader dirancang dengan sebuah dasar roda yang panjang, mata pisau grader (grader blade) hanya akan terangkat kurang lebih seperempat (Braking) jarak roda.

Kemampuan ini membuat grader dapat menghasilkan permukaan mulus yang sudah diratakan dengan akurat.

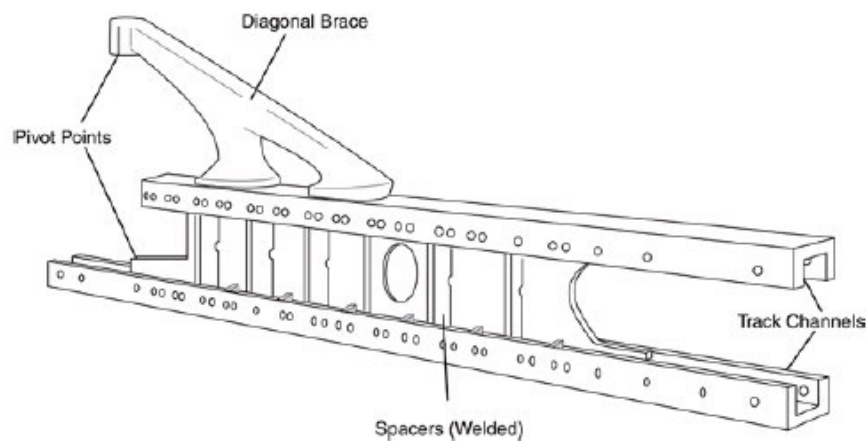
Jarak dimana housing dapat berosilasi dikendalikan oleh penghentian-penghentian untuk memastikan pengendalian dan operasi yang aman.

Semua sistem suspensi yang sudah disebutkan sebelum ini tidak menggunakan suatu suspensi yang nyata, karena sistem-sistem tersebut tidak memiliki spring untuk menyerap beban kejut (shock loading).

Suspensi Oval Track / Oval track suspension

Gambar 5.8

Beberapa mesin menggunakan rancangan frame lintasan yang kokoh (Gambar 5.8). Dalam rancangan ini frame lintasan (frame sisi) ditempatkan secara kokoh pada frameutama pada bagian depan, demikian pula halnya pada bagian belakang. Tidak terdapat gerakan relatif di antara frame lintasan dan frame utama.

Kemampuan ini memberikan mesin stabilitas yang jauh lebih baik serta digunakan pada loader dan excavator dengan lintasan.

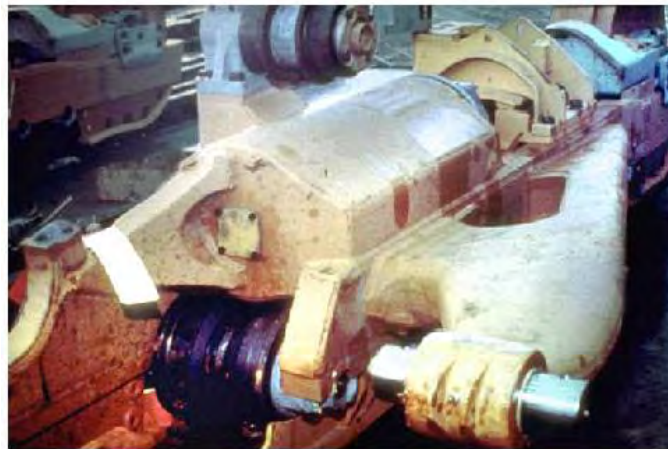
Susunan Axle Mati (*Dead Axle Arrangement*)

Gambar 5.9 – Frame Lintasan dengan penahan diagonal.

Frame lintasan (track frame) (Gambar 5.9) berputar pada sebuah axle atau sumbu putar (pivot shaft) “mati” yang juga menopang sprocket. Axle tersebut berada dalam posisi diam pada frame utama.

Sebuah bearing pada ujung luar axle memungkinkan frame lintasan (track frame) untuk berputar ke atas dan ke bawah, dan juga menopang ujung luar sprocket hub.

Frame lintasan ditahan dalam kesejajaran (alignmentI) yang benar dengan frame utama mesin oleh penahan-penahan diagonal.

Ujung dalam dari penahan diagonal (diagonal brace) ditempatkan pada sebuah bearing block yang ditempatkan pada axle mati di bawah frame utama traktor.

Dalam beberapa kasus pihak pabrik pembuat mungkin menyebut penahan diagonal sebagai Rangka-A (A-Frame).

Gambar 5.10

Frame lintasan (track frame) dikencangkan pada final drive bearing case dan pada clutch driving (kemudi) dan bevel gear case (Gambar 5.10). Penahan diagonal memberikan stabilitas serta menjaga frame lintasan agar tetap paralel. Frame tersebut dapat digerakkan naik dan turun secara terpisah.

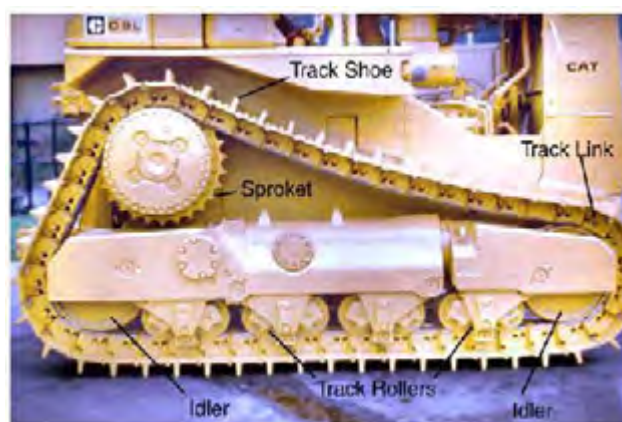
Gambar 5.11

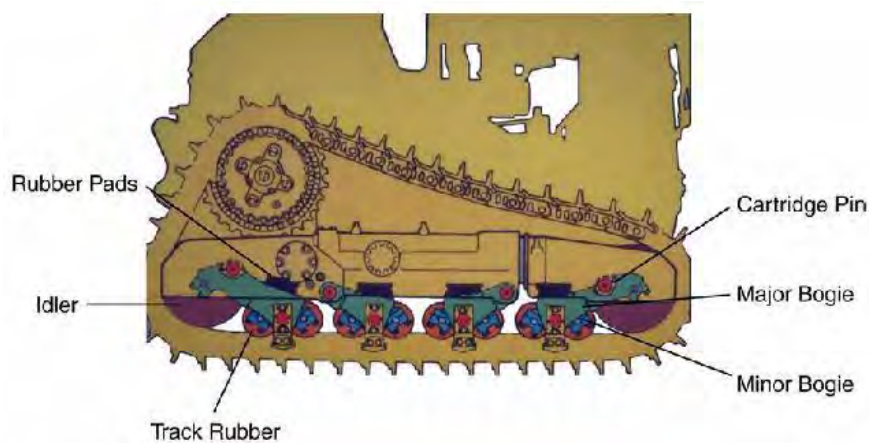
Frame utama (mainframe) memiliki sebuah batang stabilisasi yang berputar (pinned equaliser bar) dalam sebuah sadel (Gambar 5.11).

Bagian depan frame putar (roller frame) ditempatkan pada ujung equliser bar. Susunan ini memungkinkan frame putar dapat berputar pada suatu sudut kecil secara vertikal namun tidak secara horisontal.

Gambar 5.12

Tack roller frame berputar di sekeliling axle belakang. Bagian depan framedapat bergerak ke atas atau ke bawah oleh batang stabilisasi pada bagian depan mesin (Gambar 5.12). Sususnan ini meningkatkan stabilitas mesin, serta memberikan setiap lintasan daerah kontak tanah maksimum.

Suspensi Traktor Jenis Lintasan Sprocket Angkat *(Elevated Sprocket Track)*

Gambar 5.13

Salah satu karakteristik rancangan yang paling mudah terlihat dari rancangan sprocket angkat adalah bentuk lintasan yang berbentuk segi tiga (Gambar 5.13). Alasan bentuk ini adalah sprocket dan penggerak akhir berada dalam posisi terangkat (dinaikkan) diatas frameroda lintasan. Dari lokasi yang tinggi ini, penggerak akhir dipasang pada suatu titik tengah yang sama dengan bevel gear dan driving (kemudi) dan clutch rem (Braking). Juga, penggerak akhir dinaikkan di atas daerah dimana keausan dan packing terjadi selama operasi. Karena tidak terhubung langsung dengan frame roda (roller frame), penggerak akhir tidak menopang salah satu bobot mesin. Hal ini membuat frame bawah dan suspensi dapat dibuat elastis (fleksibel).

Gambar 5.14

Rancangan ini dipasang pada traktor jenis D4 hingga D11. Model D8 keatas dipasang dengan framebawah yang tergantung (suspended undercarriage) sementara model di bawah D8 dipasangkan dengan rancangan roda bawah yang solid.

Gambar 5.14 menunjukkan lokasi-lokasi relatif dari komponen-komponen yang dapat digerakkan dalam susunan framebawag yang tergantung. Susunan framebawah yang tahan banting ini akan lebih menjaga agar lintasan di atas tanah, membantu mengurangi kerusakan frame bawah, serta meningkatkan kenyamanan operator.

Empat bogie besar berputar pada pin catridge yang disegel dan diberikan pelumas. Pada bagian depan dan belakang bogie utama masing-masing menopang sebuah idler dan bogie kecil. Setiap dua bogie besar di tengah frame roda menopang sebuah bogie kecil. Setiap bogie kecil menopang dua roda lintasan (track roller). Bogie-bogie kecil juga berputar pada pin cartridge yang disegel dan diberikan pelumas. Idler berputar pada axle yang disegel dan diberikan pelumas. Karena bogie besar dan kecil bebas berputar pada pin cartridge, roller, idler, dan lintasan memiliki kemampuan untuk menutupi (atau mengelilingi) batu-batu dan permukaan tanah yang tidak rata.

Delapan bantalan rubber (rubber pad) digunakan secara berpasangan pada setiap frameroda (roller frame). Sebuah bantalan rubber dipasang pada bagian atas dari masing-masing keempat bogie besar. Keempat bantalan rubber lainnya dipasang pada bagian dasar frameroda sejajar dengan bantalan pada bogie-bogie besar. Bantalan membatasi gerakan keatas bogie-bogie besar dan beroperasi mirip dengan shock absorber untuk menahan guncangan mesin.

Bantalan Karet (Rubber Pad)

Gambar 5,15 – Bantalan karet (Rubber pad)

Bantalan rubber (rubber pad) yang diperlihatkan pada Gambar 5.15. 16 pad dipasang pada setiap mesin. Empat buah baut menahan setiap pad pada posisinya. Pad-pad tersebut harus selalu diperiksa untuk mencari keretakan besar atau bagian rubber yang hilang setiap 500 jam kerja.

Poros Pivot (Pivot Shaft)

Gambar 5.16 – Poros pivot (Pivot Shaft)

Frame roda (roller frame) dihubungkan bersama pada bagian belakang oleh sebuah pivot shaft (Gambar 5.16). Masing-masing frame roda dapat berosilasi (berputar) 3° keatas dan 3° kebawah sekeliling sumbu putar. Frame berosilasi pada busi perunggu (bronze bushing) besar dalam kompartemen oli yang disekat dalam setiap frame roda.

Gambar 5.17

Gambar 5.17 menunjukkan frame roda pada saat dilepaskan dari frame utama (chassis). Axle sumbu putar (pivot shaft) dapat dilihat pada bagian belakang. Axle tersebut terdiri atas sebuah axle yang panjang dan lurus, yang melewati frame mesin. Setiap frame roda lintasan dijangkarkan ke axle sumbu putar dan bantalan dipasangkan dalam frame roda untuk membuat frameberputar di sekeliling sumbu putar.

Ujung equlizer bar dan titik jangkar (anchor point) dapat dilihat pada bagian depan gambar.

Batang Penyeimbang (Equalizer Bar)

Gambar 5.18

Frame roda dihubungkan dekat bagian depan mesin dengan sebuah equilizer bar penyesuai. Dua pasang rubber oscillation pad dipasang pada bagian atas equilizer bar (Gambar 5.18). Bantalan rubber (rubber pad) tersebut menyentuh bagian dasar frameuntuk mengendalikan gerakan equlizer bar serta meningkatkan stabilitas mesin pada saat beroperasi pada sisi bukit atau permukaan yang kasar. Di tengah equilizer bar terdapat sebuah bearing non-logam yang tidak membutuhkan pelumasan. Sebuah pin besi menyambungkan equilizer bar dengan bagian pendukung (saddle) pada pusat frameutama. Pin tersebut dipasang dalam saddle dengan pemasangan menggunakan tekanan. Selama operasi, equilizer bar berosilasi (berputar) di seputar pin tengah.

Gambar 5.19

Pin-pin dalam ujung equilizer bar (Gambar 5.19) memiliki bearing berbentuk bulat, yang dapat melakukan osilasi dan mencegah kebengkokan (kebengkokan yang diakibatkan oleh osilasi) selama operasi. Pada saat mesin dikapalkan, sebuah plug dipasang pada setiap ujung equlizer bar. Pada saat diperlukan pelumasan bearing

berbentuk bulat, lepaskan plug dan pasang grease fitting. Setelah pelumasan, lepaskan fitting dan pasang plug kembali.

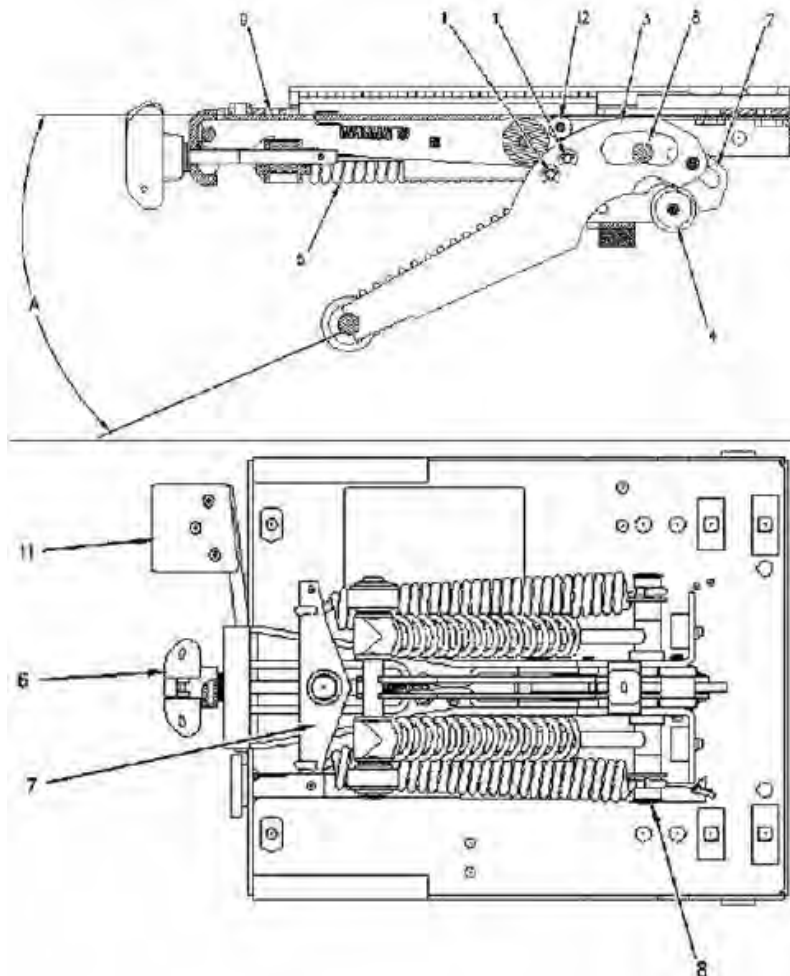
Perhatian:

Pastikan Anda memeriksa bagian perawatan dari buku pedoman servis untuk mengetahui prosedur pelumasan yang tepat untuk bantalan bulat (spherical bearing). Pelumasan yang berlebihan dapat merusak segel ujung pin.

Gambar 5.20

Gambar 5.20 adalah gambar dari bagian bawah mesin dan menunjukkan hubungan antara equalizer bar dengan frame roda (roller frame). Dua buah bearing cap mengencangkan setiap ujung pin pada frame roda. Sebelum equilizer bar dapat dipindahkan dari mesin, maka salah satu frame roda harus dilepaskan terlebih dahulu.

Suspensi Tempat Duduk Operator *(Operator Suspension Seat)*

Jenis Mekanis / Mechanical Types

Gambar 5.21

Keterangan gambar 5.21

1. Pin
2. Cam
3. Arm
4. Follower
5. Spring suspensi
6. Tombol untuk menyetel berat
7. Rangkaian penyesuaian
8. Shaft
8. Shaft
9. Assembly housing. Slot
11. Tuas untuk menyetel tinggi
12. Roller

A. Sudut assembly housing

Suspensi pada tempat duduk (Gambar 5.21) melaksanakan ketiga fungsi berikut ini:

- Isolasi
- Weight adjustment

- Height adjustment

Isolasi

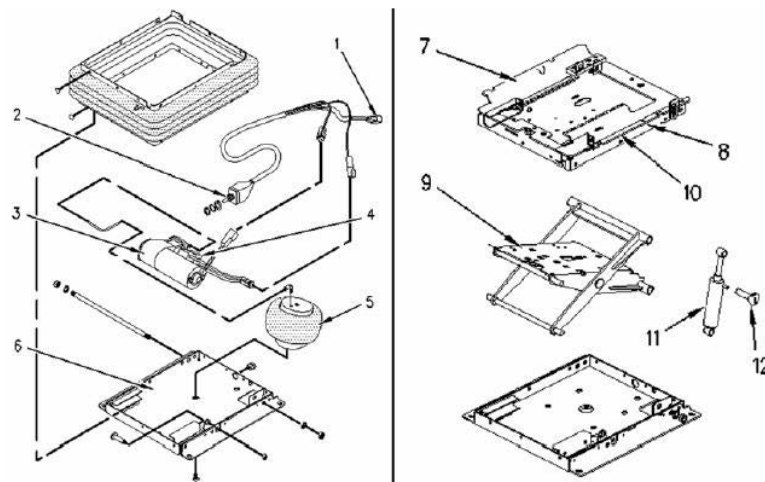
Pada saat mekanisme tempat duduk dioperasikan, pin (1) mengunci cam (2) pada rangkaian arm (3). Cam (2) bergerak pada follower (4), yang mendorong gerakan shaft (8) secara relatif terhadap rangkaian adjuster (7). Hal ini akan memanjangkan atau menarik spring suspensi (5).

Penyetel Berat (*Weight Adjustment*)

Memutar tombol penyetel berat (adjustment knob) (6) akan menarik rangkaian adjuster (7) menjauh atau menuju shaft (8). Hal ini akan memperpanjang (5) atau akan menarik spring suspensi (5). Penyetelan ini menetapkan beban awal spring suspensi. Operator yang lebih berat memerlukan beban awal lebih yang berat dibandingkan operator yang lebih ringan.

Penyetel Tinggi (*Height Adjustment*)

Tinggi ditentukan oleh sudut (A) dari assembly housing (9) secara relatif terhadap assembly arm (3). Sudut relatif tersebut ditentukan oleh posisi pin (1) dalam slot (10). Pada saat tuas penyetel tinggi (height adjustment lever) dinaikkan, roda (12) memaksa cam (2) untuk bergerak secara relatif terhadap rangkaian arm (3). Ini membuat pin (1) dilepas dari slot (10) pada rangkaian arm (3). Mendorong kebawah pada suspensi atau menarik keatas suspensi akan menggerakkan pin (1) ke sekumpulan slot. Dua slot atas sesuai dengan tinggi maksimum. Dua slot tengah sesuai dengan tinggi menengah. Dua slot bawah sesuai dengan tinggi minimum. Lepaskan tuas penyetel tinggi (11) untuk menjepitkan pin ke dalam slot.

Komponen Rangkaian BentukTempat Duduk *(Countour seat series)*

Gambar 5.22

Keterangan Gambar 5.22

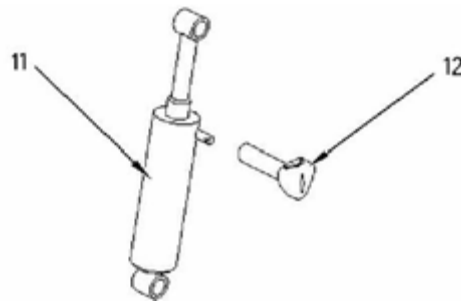
1. Harness Terminal
2. Toggle switch
3. Kompresor
4. Solenoid
5. Air Bag
6. Housing Bawah
7. Slider track kanan
8. Slider track kiri
9. Scissor arm
10. Rak
11. Shock Absorber
12. Tombol penyetelan

- Isolasi
- Weight adjustment otomatis
- Height adjustment
- Hubungan dengan tempat duduk

Isolasi dan Weight adjustment

Air bag (5) bertindak sebagai spring saat udara dikompresi oleh gerakan dari scissor arm dalam (9) secara relatif terhadap housing bawah (6). Jumlah udara yang berada dalam air bag ditentukan oleh operator. (Lihatlah ke “Height adjustment). Tekanan dalam air bag ditentukan oleh berat operator. Hal ini memberikan weight adjustment secara otomatis.

Penyetelan Damping / Damping Adjustmen

Penyetelan Tombol Putar (Rotary Knob)

Gambar 5.24

Damping diberikan oleh shock absorber (11). Kekerasan shock absorber dapat disetel oleh tombol putar (rotating knob) (12). Putar tombol pada arah berlawanan jarum jam untuk menaikkan tingkat kekerasan. Putar tombol searah jarum jam untuk mengurangi tingkat kekerasan. Tombol tidak memiliki jangkauan gerak yang banyak.

Penyetelan Tuas Atas/Bawah / Lever Adjustment

Gambar 5.25

Damping diberikan oleh tuas (14). Tarik UP pada tuas (14) untuk meningkatkan damping suspensi. Tekan DOWN pada tuas untuk mengurangi damping suspensi.

Indikator Perjalanan (Ride Indicator)

Indikator perjalanan (13) harus diarahkan dalam zona hijau pada saat mesin sedang tidak berjalan.

Height adjustment / Height Adjustment

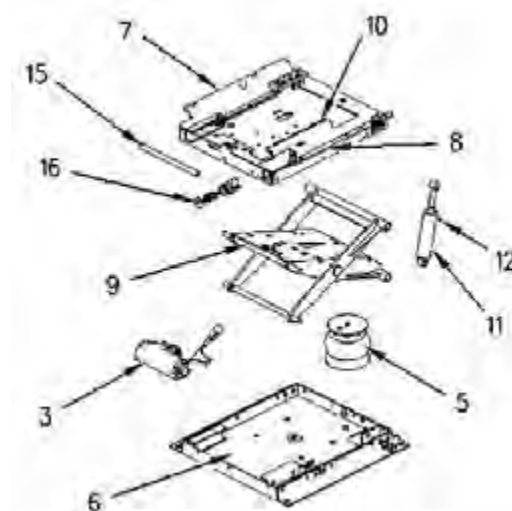
Menggunakan Toggle Switch

Tinggi tempat duduk ditentukan oleh volume udara dalam air bag (5). Untuk menaikkan suspensi, operator menahan toggle switch (2) ke atas sehingga udara memasuki air bag (5). Untuk menurunkan suspensi, operator menekan toggle switch (2) dan udara dalam air bag dikeluarkan.

Catatan

Operator tidak boleh mengganti suspensi yang mengakibatkan gerakan tidak cukup untuk melaksanakan pekerjaan tertentu. Tinggi suspensi harus diubah jika ketinggian tempat duduk turun secara berlebihan atau jika tempat duduk berguncang-guncang pada ketinggian maksimum.

Posisi UP dari toggle switch (2) melengkapi sebuah rangkaian 24 volt dari terminal penahan (1) ke kompresor (3). Kompresor (3) menyediakan udara bertekanan kedalam air bag (5).

Posisi DOWN dari toggle switch (2) melengkapi sebuah rangkaian 24 volt dari terminal penahan (1) ke solenoid (4). Solenoid membuka sebuah saluran pembuangan dari air bag (5).Menggunakan Air Valve Knob

Gambar 5.26

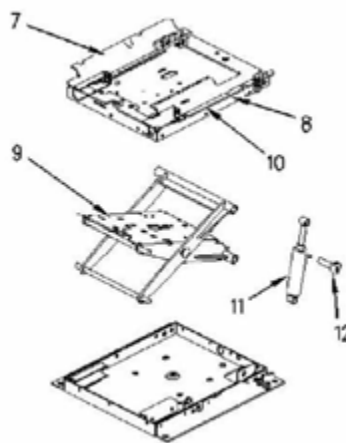
Tinggi tempat duduk ditentukan oleh volume udara dari air bag (5). Untuk meningkatkan suspensi, operator mendorong ke dalam air valve knob (16) sehingga udara memasuki air bag (5). Untuk menurunkan suspensi, operator menarik keluar air valve knob (16) sehingga udara dalam air bag dikeluarkan.

Catatan

Operator tidak boleh mengganti suspensi yang mengakibatkan gerakan tidak cukup untuk melaksanakan pekerjaan tertentu. Tinggi suspensi harus diubah jika ketinggian tempat duduk turun secara berlebihan atau jika tempat duduk berguncang-guncang pada ketinggian maksimum.

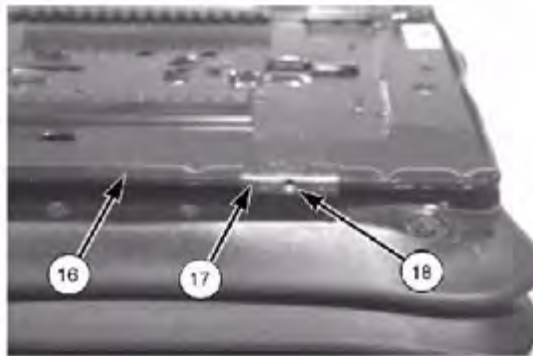
Pada saat air valve knob (16) ditekan, sebuah rangkaian tegangan 24 volt ke kompresor (3) dihubungkan. Kompresor memberikan udara bertekanan kedalam air bag (5).

Pada saat air valve knob (16) ditarik keluar, saluran (15) dari air bag (5) ke pembuangan dibuka.

Koneksi denganTempat duduk

Gambar 5.27

Slider track kanan (7) dan slider track kiri (8) menghubungkan rangkaian tempat duduk dengan suspensi. Rak (10) memberikan hubungan ke adjuster depan dan belakang tempat duduk.

Suspensi memiliki empat slider. Slider menentukan usaha yang dibutuhkan untuk menggerakkan tempat duduk.

Setelah tempat duduk dipasang, slider perlu disetel. Slider disetel dari sisi tempat duduk yang menghadap pintu akses mesin. Gunakan prosedur-prosedur berikut ini untuk menyetel slider.

Gambar 5.28

1. Dua slider (17) terletak pada masing-masing sisi suspensi (16). Slider yang terletak dekat pintu akses untuk kabin memiliki sekrup penyetel (18).
2. Lubang akses disediakan pada sisi rangkaian tempat duduk. Gerakkan tempat duduk hingga lubang akses sejajar dengan slider.
3. Kencangkan sekrup penyetel dalam slider. Gerakkan tempat duduk. Resistansi sebesar 9 kg (20 lb) harus dapat dirasakan.
4. Setel sekrup (18), seperlunya.

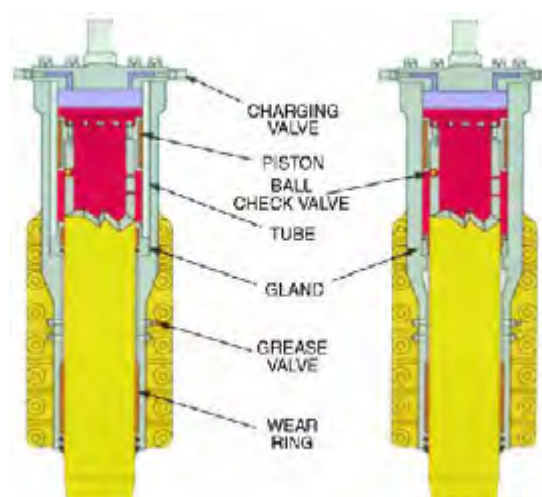
C. SUSPENSI PNEUMATIK (Pneumatic Suspension)

PENDAHULUAN (Introduction)

Gambar 5.29 – Pandangan Umum

Sistem suspensi pada truk-truk Off-highway Caterpillar terdiri dari empat cylinder suspensi yang berisi oli dan nitrogen.

Suspensi merupakan sebuah bagian yang penting dari Sistem Pemantauan Truk Beban (TPMS-Truck Payload Monitoring System) dan pengisian (charging) cylinder suspensi harus benar agar sistem bekerja dengan baik.

Penampang Cylinder Depan / Cross section front cylinder

Gambar 5.30 – Cylinder Suspensi Depan, Kiri: 769C-789B / kanan: 793B

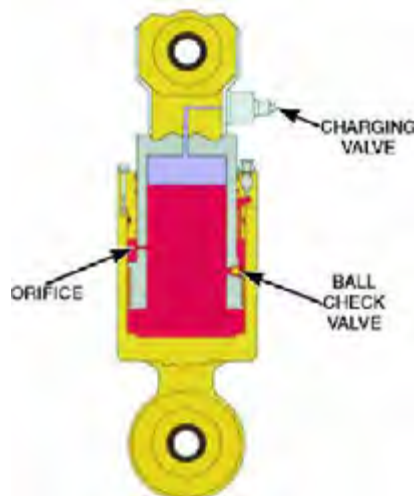
Penampang cylinder suspensi depan 769C-789B ditampilkan dalam Gambar 5.30 (kiri) dan cylinder suspensi depan 793B (kanan).

Perbedaan utama di antara dua jenis cylinder tersebut adalah pengunaan sebuah tabung (tube) untuk menahan gland pada tempatnya dalam cylinder housing. Cylinder suspensi depan truk 793B tidak memerlukan tabung tersebut. Operasi cylinder suspensi depan adalah sama untuk semua truk.

Semua cylinder suspensi depan memiliki tiga wear ring – terdapat satu wear ring dalam setiap piston, gland dan cylinder housing.

Semua cylinder suspensi depan juga memiliki ball check valve dan dua buah orifice.

Noda hitam atau biru pada krom cylinder suspensi dapat diakibatkan oleh gesekan di antara rod dan wear ring bawah (lower wear ring). Noda tersebut dapat dihilangkan dan tidak mempengaruhi masa pakai cylinder suspensi. Lama kelamaan, wear ring akan tersaturasi dengan oli dan grease, dan friksi dan noda akan berkurang.

Cylinder Suspensi Belakang / Rear suspension cylinder

Gambar 5.31 – Cylinder Suspensi Belakang

Semua cylinder memiliki sebuah wear ring, sebuah ball check valve dan sebuah orifice. Ditampilkan pada gambar adalah penampang cylinder suspensi belakang.

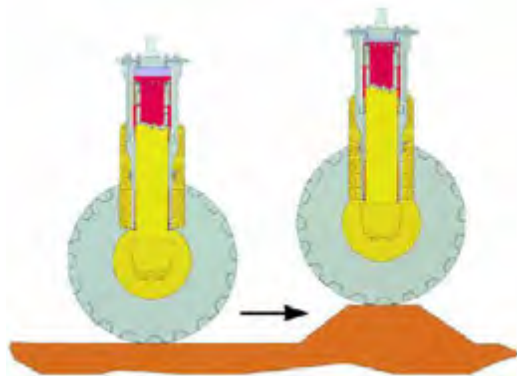
Cylinder suspensi belakang pada dasarnya sama untuk semua truk dengan pengecualian bahwa beberapa diantaranya lebih besar dan beberapa dipasang terbalik (krom pada bagian bawah). Operasi cylinder suspensi belakang adalah sama untuk semua truk.

Cylinder suspensi belakang memiliki sebuah wear ring dalam piston, sebuah ball check valve, dan sebuah orifice.

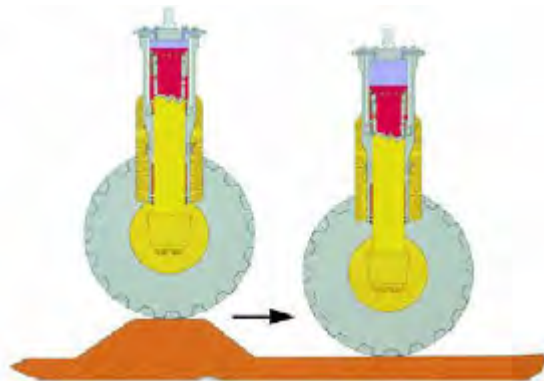
Catatan:

Cylinder suspensi versi awal memiliki piston yang dipasang pada rod. Semua truk sekarang memiliki sebuah piston dan rod seperti yang ditunjukkan pada gambar.

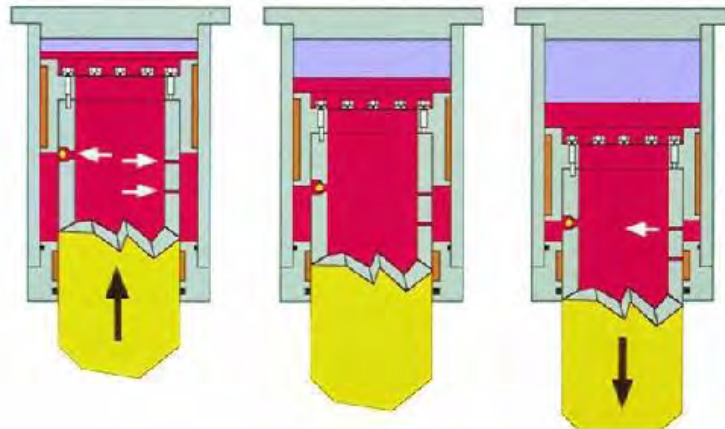
SILINDER SUSPENSI / Suspension cylinder

Kondisi Operasi

Gambar 5.32 – Selama Kompresi

Housing cylinder suspensi depan dipasang di atas framemesin. Rod dikencangkan pada roda dan dapat bergerak ke atas atau ke bawah saat roda bergerak naik dan turun (Gambar 5.32).

Kejutan yang dirasakan oleh roda depan dikendalikan oleh tingkatan aliran oli yang mengalir melalui orifice dan ball check valve. Pada saat dirasakan kejutan, roda akan bergerak ke atas, yang menyebabkan rod bergerak naik di dalam housing-nya.

Gambar 5.33 – Selama Perpanjangan (Extension)

Saat kejutan menghilang, gerakan cylinder suspensi akan membalik. Berat roda dan axle, ditambah tekanan nitrogen, menggerakkan roda keluar dari housing (Gambar 5.33).

Operasi Ball Check Valve dan Orifice

Gambar 5.34 – Cylinder suspensi,
kiri: kompresi / tengah: pada posisi di tengah / kanan: memanjang.

Ditampilkan dalam Gambar 5.34 adalah penampang bagian dalam cylinder suspensi yang mendemonstrasikan operasi ball check valve dan orifice pada saat cylinder suspensi sedang mengkompresi atau memanjang.

Kejutan yang dirasakan oleh cylinder suspensi dikendalikan oleh tingkat aliran oli yang mengalir melalui orifice dan ball check valve. Pada saat dirasakan kejutan, roda akan bergerak ke atas, yang menyebabkan rod bergerak naik dalam housing. (Gerakan rod dibalik untuk cylinder suspensi belakang, namun operasinya sama).

Gerakan rod ke atas akan mengkompresi nitrogen. Kompresi nitrogen menggerakkan oli dari ruangan di dalam rod melalui orifice dan ball check valve ke rongga di antara rod dan housing.

Menggerakkan oli melalui ball check valve dan orifice memperlambat gerakan rod.

Menutup ball check valve memberikan tingkat spring variabel dan menutup orifice mencegah kejutan cylinder.

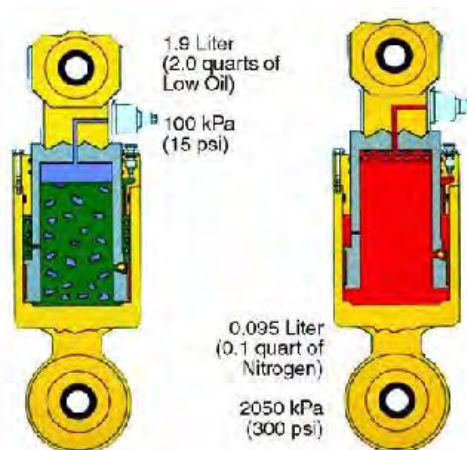
Saat kejutan menghilang, gerakan cylinder suspensi akan membalik. Berat roda dan axle ditambah tekanan nitrogen menggerakkan rod keluar dari housing.

Saat rod bergerak ke bawah, volume oli dalam rongga antara rod dan housing menurun dan oli berada di bawah tekanan. Tekanan oli menutup ball check valve. Oli harus mengalir melalui orifice ke ruangan dalam rod.

Menutup ball check valve selama perentangan cylinder memberikan peringkat (Rate) spring variabel untuk suspensi. Cylinder diperbolehkan mengkompresi pada kecepatan yang lebih tinggi daripada yang diizinkan untuk memanjang. Memperlambat ekstensi cylinder mencegah roda agar tidak terdorong secara cepat ke tanah yang dapat mengakibatkan perjalanan yang keras.

Saat rod bergerak turun, orifice bawah ditutup dan aliran oli berkurang. (Cylinder suspensi belakang hanya memiliki sebuah orifice). Orifice yang lainnya akan menutup secara perlahan saat rod bergerak turun lebih jauh, yang akan mengurangi aliran oli lebih lanjut.

Menutup orifice akan mencegah rod menyentuh kepala cylinder (cylinder suspensi depan) atau bagian bawah housing (slinder suspensi belakang) dengan kejutan.

Pemindahan Nitrogen / Nitrogen displacement

Gambar 5.35 – Gas Suspensi
Volume berubah di bawah tekanan.

Prosedur pengisian (charging) cylinder suspensi (Gambar 5.35) tidak bergantung pada proses sirkulasi oli yang memakan waktu untuk memindahkan nitrogen yang terjebak dari oli. Prosedur pengisian (charging) bergantung pada kompresi nitrogen yang tertinggal setelah oli ditarik dari cylinder.

Setelah mengeluarkan nitrogen dan oli dengan perlahan untuk menarik cylinder suspensi, prosedur selanjutnya adalah memompa oli ke dalam cylinder yang ditarik hingga cylinder tersebut mulai dipanjangkan. Nitrogen dikompres dari tekanan atmosfir (tekanan setelah pengeluaran dengan charging valve terbuka) hingga

tekanan angkat cylinder (tekanan yang dibutuhkan untuk meningkatkan berat truk kosong).

Volume Nitrogen yang tersisa dalam cylinder suspensi setelah dikompres akan dikompensasikan dengan menggunakan jumlah oli tambahan selama pengisian (charging) oli.

Sebuah penjelasan pengeluaran Nitrogen adalah sebagai berikut:

Charging valve (charging valve) dibiarkan terbuka untuk beberapa menit untuk memungkinkan tekanan dari cylinder suspensi sama pada kurang lebih 100 kPa (15 psi) (tekanan atmosfir).

Contoh:

Anggaplah cylinder suspensi kekurangan oli sebanyak dua quart. Nitrogen yang terdapat (tercampur) dalam oli kurang lebih berada pada tekanan atmosfir 100 kPa (15 psi).

Sekarang ditambahkan oli hingga cylinder mulai memanjang. Jika tekanan angkat adalah 2067 kPa (300 psi), rasio kompresi adalah 2067 kpa (300 psi) hingga 100 kPa (15 psi), yang sama dengan 20 kali kompresi normal pada nitrogen yang tersimpan (300 : 15 = 20).

Volume nitrogen dalam cylinder suspensi pada tekanan angkat adalah:

1,9 liter : 20 = 0,095 liter (2 quart : 20 = 0,1 quart)

Volume nitrogen dalam cylinder suspensi dikompres dari 1,9 liter ke 0,095 liter (2 quart ke 0,1 quart). Volume tersebut digantikan oleh oli. Volume sisanya, 0,095 liter (0,1 quart), nitrogen mewakili sejumlah kecil dan akan digantikan dengan penambahan jumlah oli.

Catatan :

Penambahan jumlah pengisian (charging) oil akan mengkompensasi volume yang lebih besar dari 1,9 liter (2 quart) dari nitrogen yang tersipan. 1,9 liter (2 quart) nitrogen hanya akan digunakan sebagai contoh untuk menunjukkan teori atas prosedur ini.

`

BAB 6 Merawat Undercarriage

V. Deskripsi

Pembelajaran memahami perawatan sistem Undercarriage adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran Power Train dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang perawatan sistem undercarriage yang didalamnya akan dibahas mengenai :

- A. Prosedur Penyetelan Track
- B. Prosedur Penyetelan Track kendor
- C. Prosedur Penyetelan Track kencang
- D. Roller Frame Oil Compartment

`

W.Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan Pembelajaran pada Bab VI ini siswa diharapkan dapat :

A. Memahami prosedur penyetelan Track

B. Menjelaskan prosedur penyetelan track kendor

C. Menjelaskan prosedur penyetelan track kencang

D. Memahami Roller frame oil compartment

X. Uraian Materi

Memahami Perawatan Undercarriage System

Under carriage carriage merupakan komponen investasi yang mahal dengan harga mencapai 20% dari harga unit/machine baru. Persentase biaya perawatan under carriage mencapai 50% dari biaya keseluruhan biaya perawatan machine. Program perawatan under carriage dapat mengurangi biaya operasi, oleh karena itu program perawawtan under carriage menjadi kebutuhan yang utama.

Gambar 6.1

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi usia pakai under carriage, diantaranya:

Aplikasi yang didefinisikan sebagai apa yang dikerjakan oleh machine, tipe dari pekerjaan yang dilakukan dan tipe material tempat unit bekerja memberikan dampak yang berbeda pada kerusakan komponen. Berikut ini beberapa situasi operasi unit:

- Dozing dan Push Loading, biasanya mengakibatkan tumpuan beban machine pada bagian depan dan menyebabkan kerusakan lebih cepat pada bagian front roller dan idler.

Gambar 6.2 Operasi dozer saat *dozing*

- Ripping dan Drawbar, mengakibatkan tumpuan beban berpindah ke bagian belakang,dan meyebabkan kerusakan lebih cepat pada bagian rear roller dan sprocket.

Gambar 6.3 Operasi dozer saat *ripping*

- Loading, mengakibatkan tumpuan bergeser dari depan ke belakang sehingga akan mempercepat kerusakan pada bagian rear roller.

Gambar 6.4 Operasi dozer saat *excavating* dan *loading*

- Excavating, mengakibatkan beban bertumpu pada bagian samping.

Packing, pada saat machine beroperasi, material dapat menempel dan melapisi bagian komponen seperti: rollers, links, sprocket teeth dan bushing.

Gambar 6.5 *Packing* pada *sprocket*

Packing mengakibatkan komponen tidak dapat bersentuhan secara benar, hal ini menyebabkan beban bertambah dan kerusakan komponen. Hal berikut ini yang dapat membantu mengurangi packing:

- Gunakan shoe tipe center punch untuk daerah operasi pasir basah dan salju.
- Bersihkan komponen undercarriage sesering mungkin.
- Gunakan roollers guard untuk daerah operasi tertentu.

Terrain, daerah operasi unit tidak sepenuhnya untuk selalu bisa kita kontrol.

Gambar 6.6 ***Terrain***

Sehingga perlu diketahui efek permukaan area kerja terhadap komponen under carriage:

- Bekerja pada daerah yang menanjak mengakibatkan beban tertumpu pada bagian belakang machine sehingga kerusakan lebih cepat terjadi pada rear carrier roller dan bushing.
- Bekerja pada daerah turunan mengakibatkan beban tertumpu pada bagian depan machine sehingga kerusakan lebih cepat terjadi pada front track dan front carrier rollers.
- Bekerja pada daerah samping bukit, mengakibatkan beban tertumpu pada salah satu sisi machine sehingga mempercepat kerusakan komponen di salah satu sisi machine.
- Bekerja di daerah yang bertekanan, yang dapat mengakibatkan beban tertumpu pada rooler, idler thread dan outer link.

Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Kerusakan Undercarriage

Berikut ini adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kerusakan under carriage:

- **Selalu gunakan shoe yang tipis (sempit).**

Penggunaan shoe yang sempit masih memberikan efek floatation pada unit. Semakin lebar permukaaan shoe maka akan menyebabkan peningkatan kerusakan pada *bushing, sprocket, link, track roller, idler thread* dan *track joint.*

- **Kontrol pengoperasian machine**

Salah satu cara terbaik untuk melindungi machine dari kerusakan yang tidak wajar adalah dengan memastikan bahwa machine beroperasi secar benar. Beberapa kondisi yang menyebabkan keausan dini pada komponen under carriage adalah sebagai berikut: slip pada track, machine berjalan mundur secara berlebihan, mengoperasikan machine pada kecepatan tinggi yang tidak diperlukan, selalu memutar unit pada satu arah.

Gambar 6.7 Kondisi apliksi machine

- **Pastikan bahwa track di-adjust dengan benar**

Setiap aplikasi machine mengakibatkan keausan berbeda dan memerlukan track adjustment yang berbeda. Semisal apabila sebuah track sudah di-adjust dengan benar pada kondisi track bersih, kemudian pada saat unit beroperasi terdapat packing di beberapa komponen, maka packing tersebut akan menyebabkan track menjadi lebih kencang. Track yang terlalu kendang akan menyebabkan penekanan berlebih pada komponen under carriage. Penyetelan kekencangan track yang salah dapat menyebabkan: kerusakan pada bushing dan sprocket, kerusakan pada link, track rollers dan idler. Penyetelan kekencangan track akan di bahasa pada topik di bawah ini.

Prosedur Penyetelan Track

Elevated Sprocket

Contoh: D6R

PERINGATAN:

Grease dibawah tekanan tinggi.

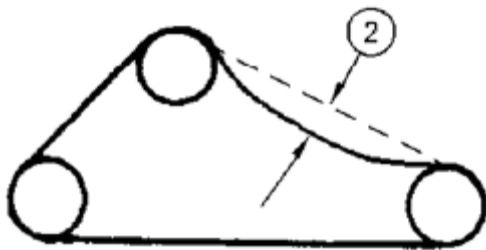
Grease yang keluar dari relief valve yang bertekanan dapat menembus jaringan tubuh manusia sehingga menyebabkan cedera atau kematian. Jangan mengamati relief valve untuk melihat apakah grease keluar. Amati track atau track adjustment cylinder untuk melihat apakah track sedang dikendorkan.

Longgarkan relief valve hanya satu putaran.

Gerakkan mesin ke depan/maju. Biarkan mesin berhenti tanpa menggunakan rem kaki. Setel track ketika Anda berada dalam kondisi operasi umum mesin. Jika kondisi penumpukan material (packing)terjadi di tempat kerja, track harus disesuaikan dengan bahan packing (packing material).

Gambar 6.8

CATATAN:

Jangan sekali-kali mengencangkan track bila dimensi (1) adalah 150mm (5,9 inci) atau lebih.

Gambar 6.9

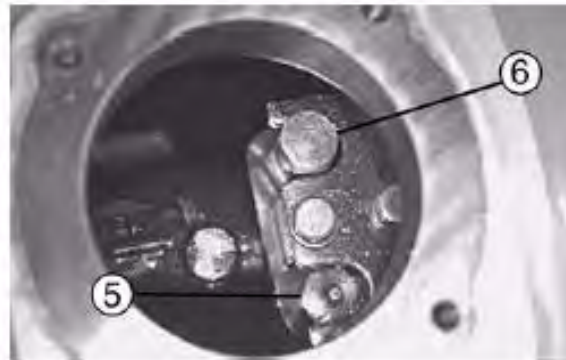
Jika mesin tidak dilengkapi dengan carrier roller, kelonggaran(sag) track diukur di antara sprocket dan front idler (2). Setelan dimensi (2) yang benar adalah 115 ± 10mm (2,2 ± 0,4 inci).

Prosedur Penyetelan Track Kendor

1. Lepaskan access cover.

Gambar 6.10– Access Cover

2. Tambahkan grease serbaguna (MPGM) melalui track adjustment valve (5). Tambahkan MPGM hingga dimensi (2) benar.
3. Operasikan mesin maju mundur untuk menyamakan tekanan. Biarkan mesin melambat sampai berhenti sepenuhnya. Jangan gunakan rem.
4. Ukur kembali dimensi (2).

Prosedur Penyetelan Track Kencang

Gambar 6.11 – Relief Valve dan Setelan Track

1. Longgarkan relief valve (6) dengan satu putaran atau 360 derajat. Biarkan grease keluar.
2. Tutup relief valve.
3. Tambahkan MPGM melalui track adjustment valve (5). Tambahkan grease hingga dimensi (2) sudah benar.
4. Pasang accesscover.

Roller Frame Oil Compartment

Gambar 6.12 – Cover Plate dan Fill Plug

Pada bagian atas masing-masing roller frame, terdapat sebuah cover plate dan fill plug. Di dalam bagian belakang roller frame, terdapat dua buah kompartemen oli (oil compartment). Compartment belakang (di bawah plug) mensuplai oli untuk pelumasan pada pivot shaft dan bearing-bearing-nya.

Compartment depan, di bawah cover plate, mensuplai oli untuk pelumasan tube pada bagian depan roller frame, bearing depan, kunci-kunci, dan mekanisme penyetelan track (track adjustment mechanism). Kedua compartment diisi dengan oli SAE 30. Setelah roller frame dipasang, oli dapat ditambahkan pada lubang plug untuk membantu pengisian awal pivot shaft oil compartment.

Gambar 6.13 – Ketinggian permukaan oli untuk Pivot Shaft Compartment

Pada tractor jenis track dengan sprocket diangkat Seri D7 dan yang lebih besar, ketinggian permukaan oli untuk pivot shaft compartment diperiksa pada botol plastik yang terletak di bawah cover berengsel di bagian belakang kiri engine compartment. Ketinggian permukaan oli harus diperiksa setiap hari selama inspeksi keliling pra-pengasutan (prestart walkaround inspection). Yang penting adalah bahwa oli tidak ditambahkan di atas tanda penuh. Ini akan mencegah luapan bila oli hangat. Jika ketinggian permukaan oli sering tampak rendah, maka harus dicurigai adanya kebocoran.

Pada tractor jenis track yang memiliki sprocket diangkat dan berukuran lebih kecil, ketinggian permukaan oli diperiksa di bawah pelat pada bagian atas roller frame. Ketinggian permukaan oli harus tepat di bawah lubang sumbat pengisian (fill plug hole).

Gambar 6.14 - Track Roller Frame cover yang dilepas(kiri)

Indikator Ketinggian Permukaan Oli (kanan)

Oli di dalam compartment depan harus diperiksa setiap 50 jam pengoperasian atau setiap pekan (Gambar 98, kiri).

Pemeriksaan ketinggian permukaan oli dilakukan dengan mengamati ketinggian permukaan oli yang berhubungan dengan dua permukaan horisontal pada track adjustment cylinder (Gambar 98, kanan). Kedua permukaan tersebut menunjukkan ketinggian permukaan oli maksimum dan minimum.

Y. Rangkuman

1. **PROSEDUR PENYETELAN TRACK**
   a. Amati track atau track adjustment cylinder untuk melihat apakah track sedang dikendorkan.
   b. Longgarkan relief valve hanya satu putaran.
   c. Gerakkan mesin ke depan/maju. Biarkan mesin berhenti tanpa menggunakan rem kaki. Setel track ketika Anda berada dalam kondisi operasi umum mesin. Jika kondisi penumpukan material (packing)terjadi di tempat kerja, track harus disesuaikan dengan bahan packing (packing material).
   d. Jika mesin tidak dilengkapi dengan carrier roller, kelonggaran(sag) track diukur di antara sprocket dan front idler (2). Setelan dimensi (2) yang benar adalah 115 ± 10mm (2,2 ± 0,4 inci).

2. **Prosedur Penyetelan**

   Prosedur Penyetelan Track Kendor

   1. Lepaskan access cover.
   2. Tambahkan grease serbaguna (MPGM) melalui track adjustment valve (5). Tambahkan MPGM hingga dimensi (2) benar.
   3. Operasikan mesin maju mundur untuk menyamakan tekanan. Biarkan mesin melambat sampai berhenti sepenuhnya. Jangan gunakan rem.
   4. Ukur kembali dimensi (2).

3. **Prosedur Penyetelan Track Kencang**

   1. Longgarkan relief valve (6) dengan satu putaran atau 360 derajat. Biarkan grease keluar.
   2. Tutup relief valve.
   3. Tambahkan MPGM melalui track adjustment valve (5). Tambahkan grease hingga dimensi (2) sudah benar.
   4. Pasang accesscover.

4. Oil Track Compartment

Di dalam bagian belakang roller frame, terdapat dua buah kompartemen oli (oil compartment). Compartment belakang (di bawah plug) mensuplai oli untuk pelumasan pada pivot shaft dan bearing-bearing-nya. Compartment depan, di bawah cover plate, mensuplai oli untuk pelumasan tube pada bagian depan roller frame, bearing depan, kunci-kunci, dan mekanisme penyetelan track (track adjustment mechanism). Oli di dalam compartment depan harus diperiksa setiap 50 jam pengoperasian atau setiap pekan. Pemeriksaan ketinggian permukaan oli dilakukan dengan mengamati ketinggian permukaan oli yang berhubungan dengan dua permukaan horisontal pada track adjustment cylinder. Kedua permukaan tersebut menunjukkan ketinggian permukaan oli maksimum dan minimum.

Z. Evaluasi

Jawablah soal-soal berikut ini dengan jelas dan benar !

1. Jelaskan pengertian packing !
2. Jelaskan pengertian terrain !
3. Sebutkan kondisi aplikasi machine yang bisa mempercepat keausan komponen under carriage !
4. Terangkan prosedur penyetelan track pada Track Type Tractor (TTT) jenis Elevated Track !
5. Jelaskan bagaimana prosedur penyetelan track kendor ?
6. Jelaskan bagaimana prosedur penyetelan track kencang ?
7. Jelaskan yang dimaksud Oil Track Compartment ?

BAB 7 Track Type Tractor Steering

AA. Deskripsi

Pembelajaran memahami *Track Type Tractor Steering* adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran *Power Train* dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Track *Type tractor Steering* yang didalamnya akan dibahas mengenai:

A. Mengemudi traktor rancangan lama (jenis konvensional)

B. Mengemudi traktor jenis moduler

C. Mengemudi traktor jenis yang dikontrol oleh elektronik

D. Mengemudi traktor jenis *Steering defferential*

BB. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan Pembelajaran pada Bab VII ini siswa diharapkan dapat :

A. Memahami cara kerja sistem mengemudi traktor rancangan lama/konvensional
B. Memahami cara kerja sistem mengemudi traktor jenis moduler
C. Memahami cara kerja sistem mengemudi traktor jenis yang dikontrol dengan hidrolik
D. Memahami cara kerja sistem mengemudi traktor jenis *steering differential*

CC. Uraian Materi

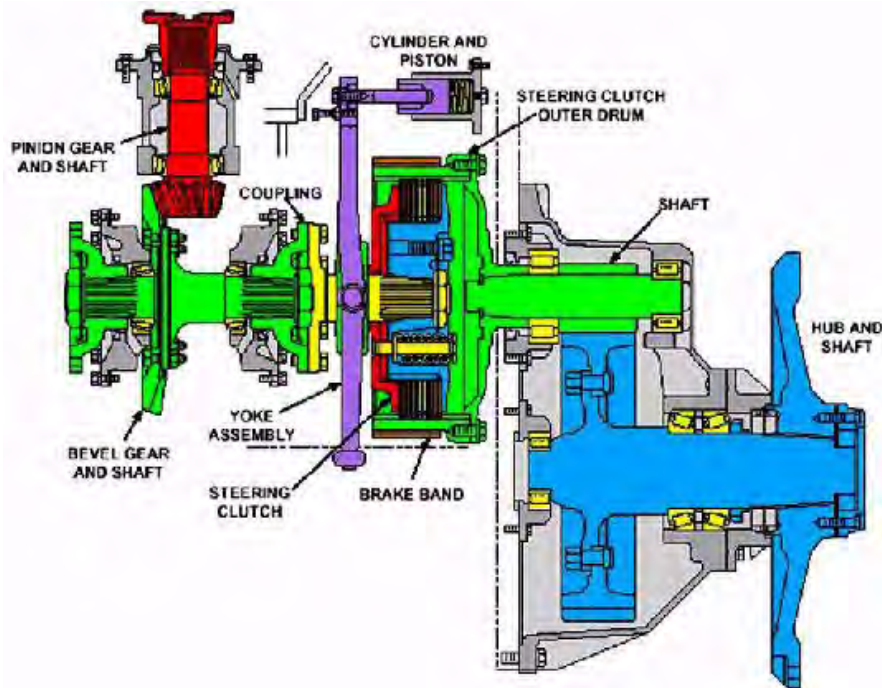
TRACK TYPE TRACTOR STEERING

Gambar 7.1. Track Type Tractors

Steering system yang digunakan di dalam Traktor Jenis Track (*Track Type Tractor*) dapat digolongkan secara luas kedalam empat kelompok:

- jenis konvensional lama
- jenis modular
- jenis yang dikontrol secara electronic.
- *steering differensial*.

Ikhtisar mengenai masing-masing sistem disajikan di dalam topik ini.

Mengemudi Traktor Rancangan Lama

Gambar 7.2. *Steering Clutch dan Brake* – Model Lama

Gambar 7.2 memperlihatkan skema sistem *steering clutch* dan *brake* untuk sebuah traktor rancangan lama. Fungsi sistem *steering clutch* dan *brake* ini adalah untuk memungkinkan mesin berbelok. Ada satu *steering clutch* dan kelompok *brake* pada masing-masing sisi mesin. Bila mesin perlu dibelokkan secara perlahan, *steering clutch* dilepas untuk melonggarkan sebagian tenaga ke sisi tersebut. Bila mesin perlu dibelokkan secara tajam, *steering clutch* diaktifkan secara penuh dan *brake* diaktifkan secara sebagian atau sepenuhnya.

Gambar 7.3

Steering clutch dipasangkan dengan *band brake*. *Band Brake* dapat dilihat di dalam Gambar 7.3.

Pergerakan sedikit pada alat pengendali menyebabkan belokan perlahan. Gerakan penuh pada alat pengendali menyebabkan belokan tajam. *Clutch* diaktifkan dengan *spring* dan dilepas secara *hydraulic*.

Tenaga mengalir dari *bevel gear* dan shaft ke steering clutch driving drum. *Steering clutch driving drum* meneruskan tenaga ke *steering clutch*. Tergantung dari besarnya pengaktifan *steering clutch*, sebagian atau semua tenaga mengalir melalui *outer steering drum* dan *shaft* ke *hub*. *Track drive sprocket* dibautkan pada *hub*.

Susunan *yoke* dan piston dikontrolkan oleh *steering control valve* yang terdapat di belakang tempat duduk operator. *Steering clutch outer drum* juga merupakan *brake drum*.

Alat-Alat Pengendali Mekanis

Gambar 7.4

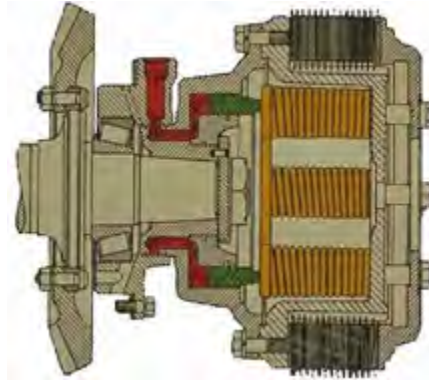
Pada rancangan-rancangan awal, traktor jenis *track* digerakkan dengan menggunakan dua tuas tangan (*hand lever*) (Gambar 7.4), satu untuk kiri dan satu untuk kanan, yang melepas *steering clutch*. *Brake* diaktifkan dengan pedal, yang kiri mengaktifkan *brake* untuk *track* kiri dan yang kanan mengaktifkan *brake* untuk *track* sebelah kanan.

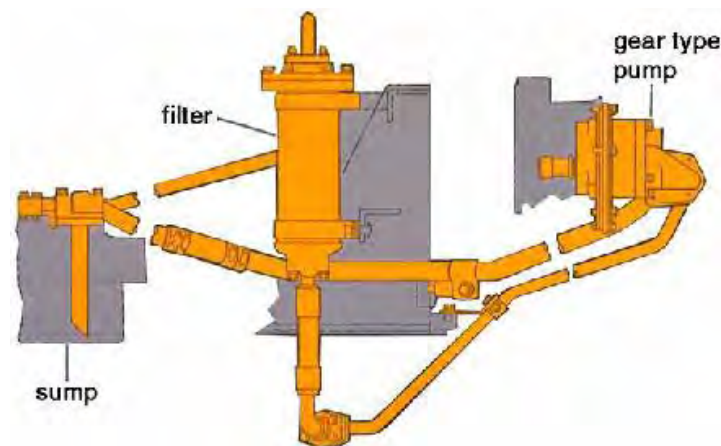
Dengan sistem ini, tuas *steering* dan pedal dihubungkan ke *clutch* dan *brake* dengan menggunakan sebuah penghubung mekanis (*mechanical linkage*) yang terdiri dari sejumlah *rod*, *lever* dan *spring*. Pertimbangan rancangan utamanya adalah mengurangi tenaga yang dibutuhkan oleh operator sebanyak mungkin.

Pengendalian Mekanis Yang Ditingkatkan (*Boosted Mechanical Control*)

Gambar 7.5

Pada rancangan yang seperti yang diperlihatkan secara skematis di dalam Gambar 7.5, tenaga operator yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat-alat pengendali lebih sedikit dengan menambahkan sebuah *hydraulic boost system*. Sebuah pompa mensuplai oli bertekanan ke silinder. Ketika tuas digerakkan, sebuah *spool* menutup *drain port* dan tekanan akan menumpuk di dalam silinder untuk membantu melepas *clutch*.

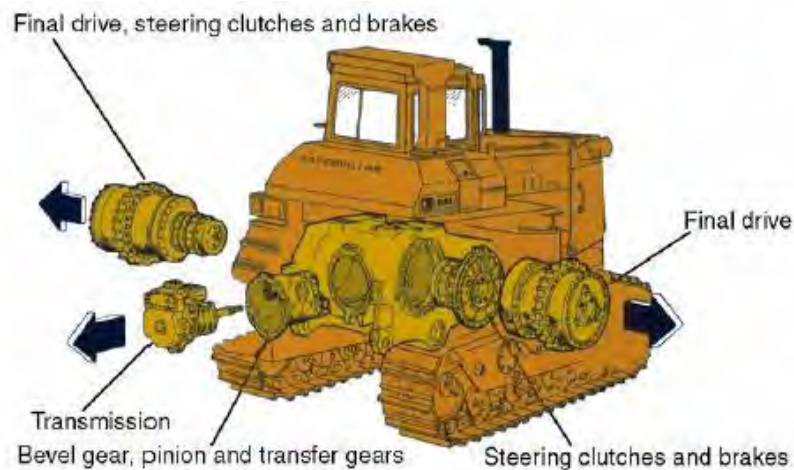
Pengendalian Hydraulic Penuh (*Full Hydraulic Control*)

Gambar 7.6

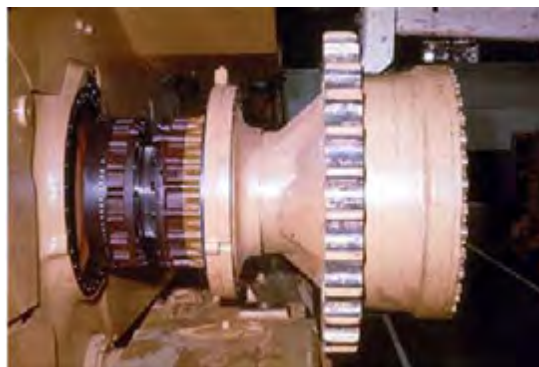
Di dalam sistem pengendalian *hydraulic* penuh (*full hydraulic control*), *steering clutch* dilepas secara *hydraulic* (Gambar 7.6). Oli bertekanan masuk kedalam *steering clutch hub* melalui sebuah *port* dan menekan sebuah piston. Oli bertekanan ini bekerja/beraksi pada piston untuk *disengaged clutch assembly*.

Gambar 7.7

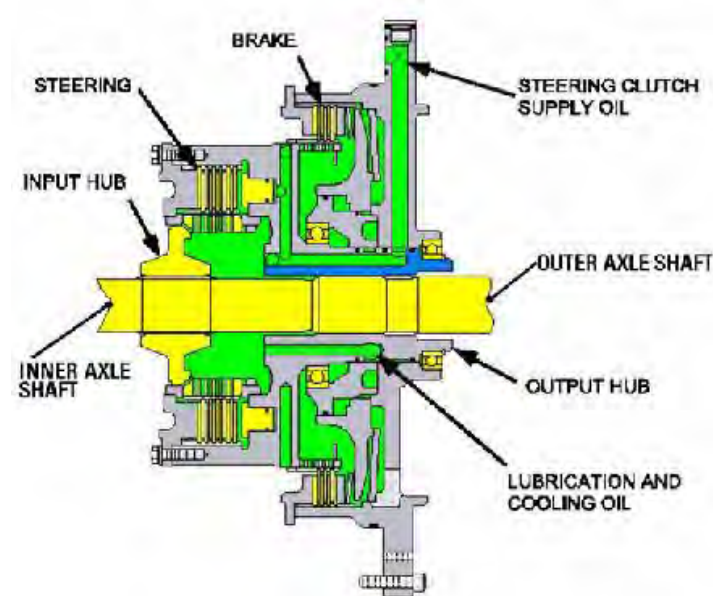
Sistem pengendalian *hydraulic steering clutch* terdahulu memiliki komponen-komponen berikut ini (Gambar 7.7). Sebuah *control valve* (tidak diperlihatkan), di sebelah kiri sebuah *sump* (bak endapan) untuk menyimpan oli, dibawah *control valve* sebuah *gear type pump* (pompa jenis gear), dan sebuah saringan oli aliran penuh elemen tunggal (*single element full flow oil filter*). Oli mengalir dari *sump*

ke *pump*, dan dari *pump* ke filter. Oli yang telah disaring ini mengalir ke *control valve*.

Traktor Dengan *Sprocket* Yang Dinaikkan (*Elevated Sprocket Tractor*)

Komponen-komponen *Module*

Gambar 7.8

Jenis *elevated sprocket tractor* dewasa ini yang dibuat oleh Caterpillar adalah dengan konstruksi moduler. Yaitu, berbagai komponen utama dapat dilepas dari mesin secara lebih mudah. Komponen-komponen diperlihatkan di dalam Gambar 7.8. Untuk melepas *steering clutch* dan *brake module*, *track* perlu dilepas dan dapat dilepas bersama dengan *final drive module*, atau setelah *final drive module* dilepaskan terlebih dahulu.

Gambar 7.9

Gambar 7.9 memperlihatkan *final drive module* dan *steering clutch* dan *brake module* yang dilepas dari *tractor*.

Gambar 7.10

Gambar 7.10 memperlihatkan komponen *steering clutch* dan *brake module*. Rangkaian *steering clutch* terdapat di sebelah kiri dan rangkaian *brake* terdapat di sebelah kanan. *Steering clutch* diaplikasikan secara *hydraulic* dan unit *brake* diaktifkan dengan *spring* dan dilepas secara *hydraulic*.

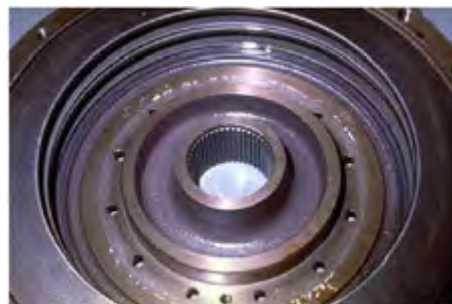
Gambar 7.11

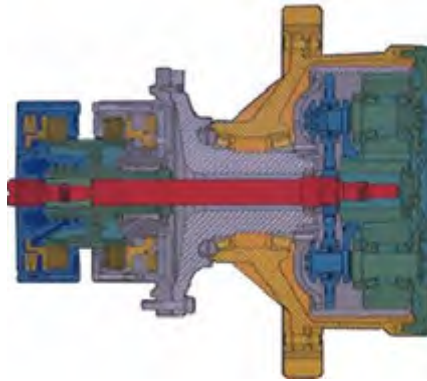
Terdapat dua *drive shaft* di dalam unit untuk mengirim aliran tenaga (Gambar 7.11).

Gambar 7.12

Serangkaian *friction discs* dan pelat digunakan di dalam *steering clutch* (Gambar 7.12). *Friction disc* terbuat dari bahan jenis grafit non-logam dan dilengkapi dengan *splines* pada bagian dalamnya. Pelat tersebut terbuat dari baja dan memiliki sejumlah *spline* pada sisi luarnya.

Gambar 7.13

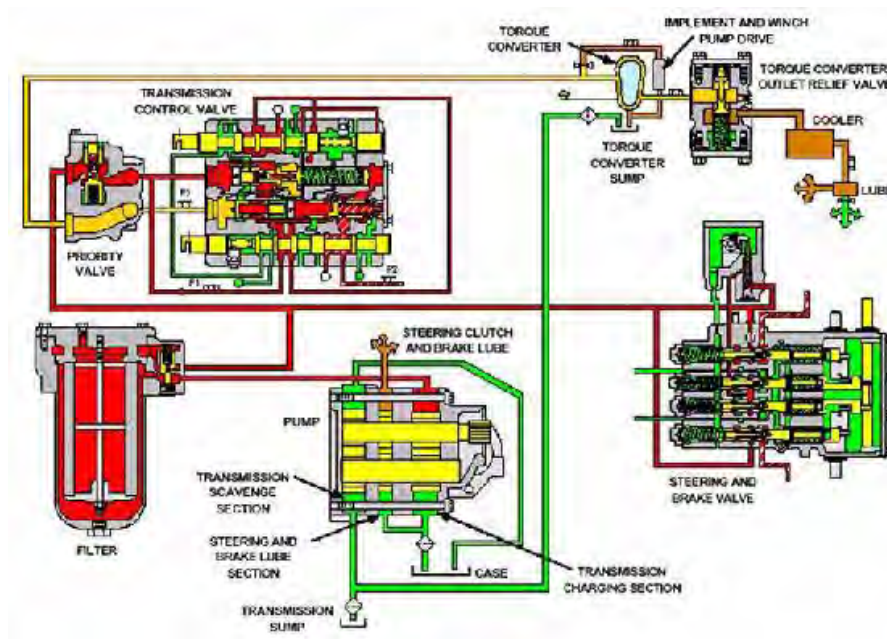
Brake juga terdiri dari *friction disc* dan pelat. *Friction disc* untuk *brake* terbuat dari bahan perunggu yang dipanaskan.

Gambar 7.14

Gambar 7.14 memperlihatkan *spring* jenis Belville (*Belville type spring*), yang digunakan untuk mengaktifkan *brake*.

Gambar 7.15

Gambar 7.15 memperlihatkan bahwa aliran tenaga adalah dari rangkaian-rangkaian *transmission* dan *bevel gear* dan *pinion* ke *inner drive shaft*. *Inner drive shaft* memutar *input hub*. Untuk pengoperasian mesin lurus ke depan/*straight ahead*, *steering clutch* diaktifkan dan *brake* dilepas, dan tenaga ditransmisi ke *output hub* dan *outer drive shaft*. *Outer drive shaft* menggerakkan *sun gear* pada tingkat pertama *final drive*.

Bila harus belok, *steering clutch* dilepas; oleh karena itu tenaga tidak ditransmisi ke *output shaft*. Daya belokan dapat dikontrolkan oleh operator dengan gaya yang digunakan pada *steering clutch lever*. Besarnya gerakan *steering lever* memodulasi tekanan oli ke *steering clutch*, yang menyebabkan *steering clutch* selip sehingga mengurangi tenaga ke satu sisi traktor.

Daya *steering* lebih lanjut dapat diperoleh dengan mengakifkan *brake*. Ketika *brake* diaktifkan, *output hub* dihubungkan ke stationary *brake housing*. Ini menghentikan putaran batang (*Rod*) *axle* luar dan gerakan *track*.

Komponen-Komponen Pengendali

Gambar 7.16 – *Steering* dan *Valve Brake*

Komponen-komponen untuk mengendalikan penggunaan *steering clutch* dan *brake* diperlihatkan di dalam skema pada Gambar 7.16. Komponen-komponennya adalah sebagai berikut:

- *Transmission charge pump*
- *Priority valve*
- *Steering clutch* dan *brake filter*
- *Steering clutch* dan *brake control valve*.

Transmission Charge Pump

Gambar 7.17

Di dalam contoh ini (Gambar 7.17) *transmission charge pump* adalah sebuah pompa dengan empat bagian yang dipasang pada *screen housing*, dan digerakkan dengan sebuah PTO *shaft* dari *engine*.

Gambar 7.18

Pump tersebut diperlihatkan dalam keadaan dibongkar (Gambar 7.18). Kedua bagian pada bagian atas adalah *torque convertor* dan *transmission charging section*. Oli bertekanan untuk *steering clutch* dan *brake* disuplai dari *transmission charging section* melalui sebuah *priority valve*).

Steering Clutch* dan *Brake Lubricating Pump

Beberapa model menggunakan sebuah bagian pompa untuk mensuplai oli untuk pelumasan komponen-komponen *steering clutch* dan *brake*. Yang lain

menggunakan sisa-sisa oli untuk pelumasan dari *transmission* dan *torque convertor*.

Priority Valve

Gambar 7.19

Priority valve diperlihatkan dalam Gambar 7.19. *Valve* tersebut dipasang pada *transmission pressure control valve* dan terdiri dari sebuah rangkaian *spool* dan *spring*. Fungsi *valve* ini adalah untuk memastikan bahwa alat-alat pengendali *steering* (*steering control*) selalu menerima oli bertekanan sebelum transmisi.

Gambar 7.20

Gambar 7.20 memperlihatkan komponen-komponen *priority valve*. Komponen-komponen tersebut adalah *pin*, *spring*, *spol*, *slug*, dan beberapa buah *shim*. *Shim* tersebut digunakan untuk penyetelan/*adjustment* tekanan bukaan pada *valve*.

Steering Clutch dan Brake Filter

Oli suplai untuk *steering clutch* dan *brake* dari *priority valve* disaring melalui sebuah rangkaian filter, yang memiliki elemen yang dapat diganti.

Steering Clutch dan Brake Control Valve

Gambar 7.21

Steering clutch dan *brake control valve* (Gambar 7.21) dihubungkan ke tuas-tuas dan pedal-pedal dengan batang (*Rod*) penghubung (*linkage rod*). Ketiga batang (*Rod*) penghubung di dalam contoh ini adalah untuk pedal *brake* kaki, tuas *steering* dan *brake* kanan dan tuas *steering* dan *brake* kiri. Fungsi *steering clutch* dan *brake control valve* adalah untuk mengatur pengoperasian *steering clutch* dan *brake* dengan mensuplai oli ke berbagai kompartemen.

Gambar 7.22

Gambar 7.22 memperlihatkan gambar komponen-komponen dalam *steering* dan *brake valve* setelah dilepas dari badan *valve*. Komponen-komponen tersebut disusun dalam lokasi yang sama secara umum pada seperti saat mereka dipasang, tetapi mereka diperlihatkan di sini sebagai tampak atas dari *valve*

body. Dari kiri ke kanan, komponen-komponen utama masing-masing *valve* adalah sebagai berikut:

- *end cap*
- *shims*
- *spring*
- rangkaian *spool*
- *plunger return spring*
- *plunger*.

Rangkaian *Shaft* & *roller* terletak paling kanan pada Gambar 7.23. Pada bagian bawah tengah terdapat *check valve*, *spring*, dan *valve seat* untuk sirkuit *brake*.

Gambar 7.23

Gambar 7.23 memperlihatkan komponen-komponen yang membentuk salah satu *reducing valve* (kecuali untuk *plunger* dan *plunger return spring*). Pada baris atas terdapat *valve spool* dan komponen-komponen yang dipasang pada *stem* di ujung kanan *spool*. Komponen-komponen tersebut adalah:

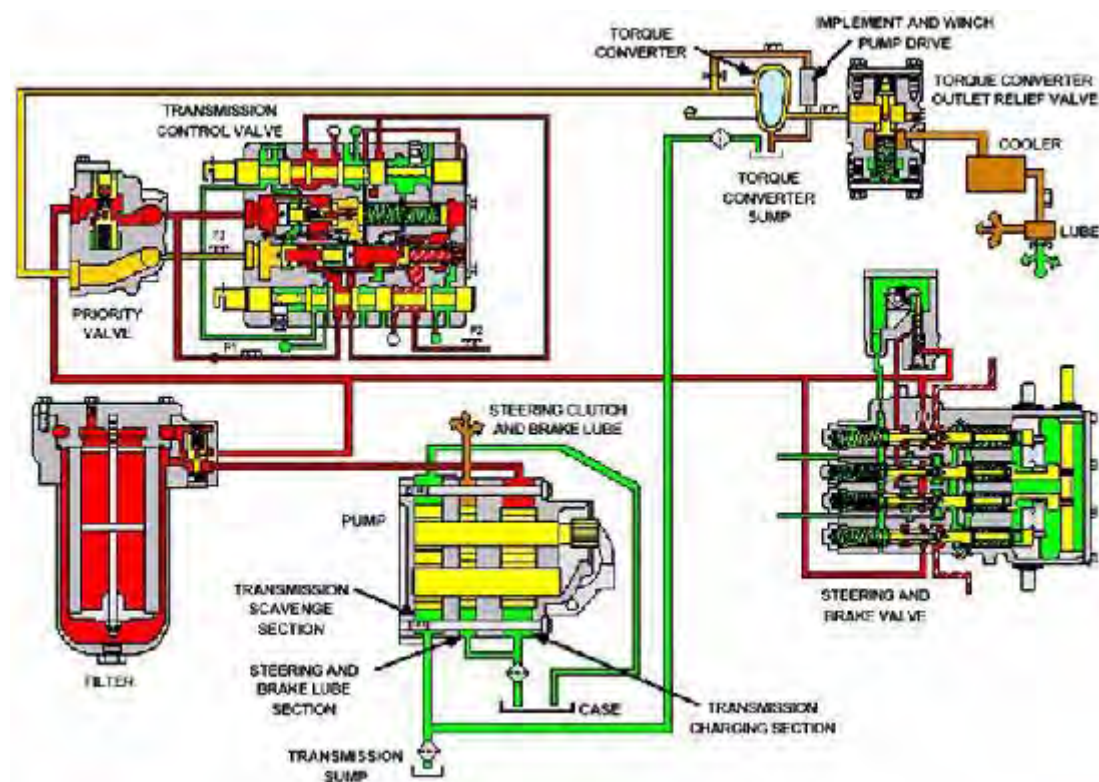
- *shims*
- *spring*
- *washer*
- *snap ring*.

Di sepanjang baris dasar, terdapat komponen-komponen yang terletak berdekatan dan di dalam ujung kiri *spool*. Komponen-komponen ini adalah:

- *end cap*
- O-*ring*
- *shims*

- *spring*
- *snap ring*
- *seat*
- *check valve spring*
- *ball*.

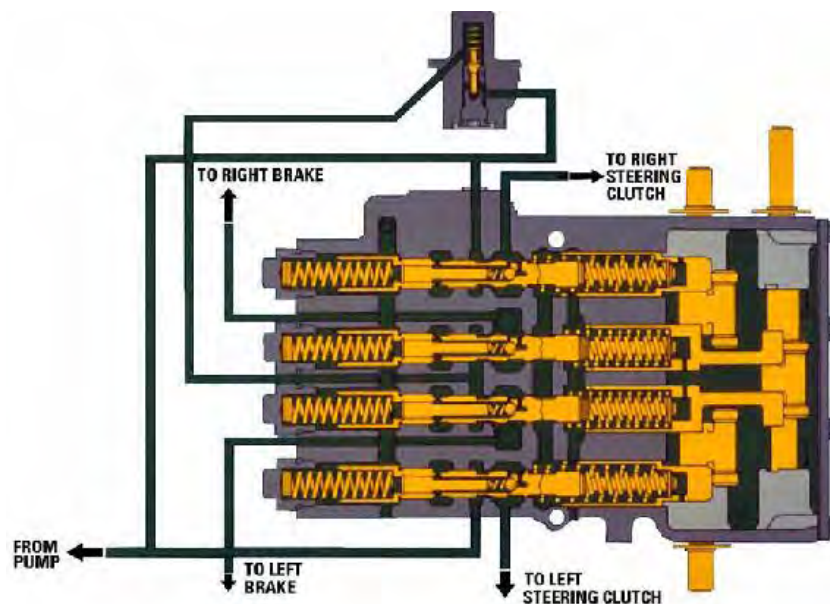
Shim di dalam baris atas digunakan untuk menyetel tekanan minimum sirkuit (ketika *steering clutch* dilepas atau *brake* diaktifkan). *Shim* di barisan dasar digunakan untuk menyetel tekanan maksimum (ketika *steering clutch* diaktifkan atau *brake* dilepas).

Pengoperasian Alat Pengendali

Gambar 7.24 Sirkuit *Hydraulic*

Oli untuk *steering clutch* dan *valve* pengendali *brake*, dan sistem pelumasan disuplai dari *power train hydraulic system* (Gambar 7.24). *Priority valve* memastikan bahwa *steering* dan *brake* memiliki prioritas atas *hydraulic-hydraulic*

transmisi. *Steering clutch* dan *brake valve* terdiri dari empat buah *pressure reducing valve* (katup pengurang tekanan).

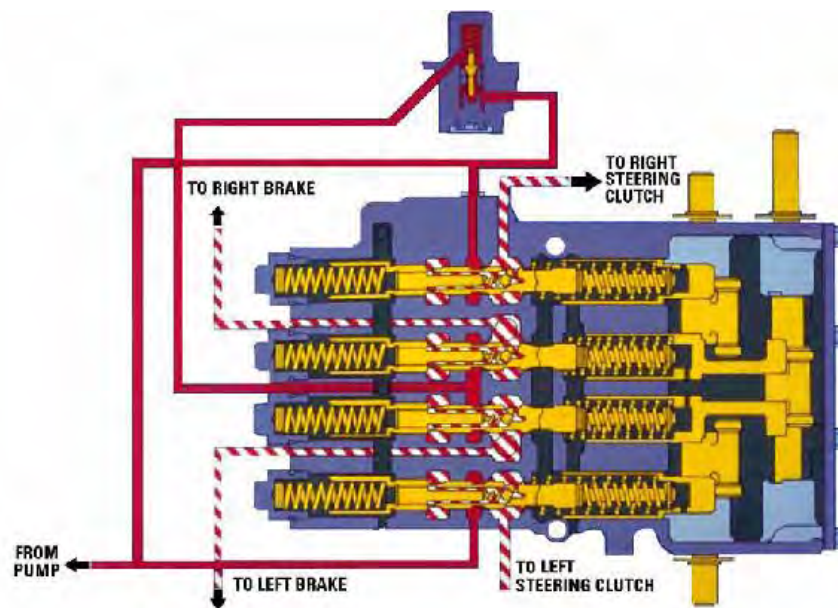
Masing-masing *pressure reducing valve* mengontrol tekanan maksimum di dalam *steering clutch* atau *brake*. *Steering clutch* diaktifkan secara *hydraulic*. *Brake* diaktifkan dengan *spring* dan di-*release* secara *hydraulic*. Jika *brake* parkir diaktifkan, oli pompa tidak mengalir ke *spool* untuk *brake clutch*. Sebuah DII *control valve* digunakan sebagai contoh.

Engine dimatikan

Gambar 7.25

Gambar 7.25 adalah skema *valve steering* dan *brake* yang dilihat dari dasar *valve body*. *Spool* dan *spring* diperlihatkan dalam posisi *pre-start* dengan *ENGINE STOPPED* (engine dimatikan). Pada bagian atas skema ini terdapat sebuah *check valve* yang digunakan untuk mencegah aliran balik selama penderekan darurat (*emergency towing*) bila *brake* dilepas dengan *external pump*. Empat lubang dibuat di dalam bagian utama *valve body* dan masing-masing lubang memiliki sebuah *pressure reducing valve*.

Dari atas ke bawah, keempat *valve* mengendalikan: tekanan *steering clutch* kanan, tekanan *brake* kanan, tekanan *brake* kiri, tekanan *steering clutch* kiri. Di ujung kanan *valve body* terdapat tiga buah rangkaian *shaft* dan *roller*, yang mengontrol gerakan *valve*. *Linkage* menghubungkan rangkaian *shaft* dan *roller* ke tuas-tuas pengendali *steering* dan *brake* dan pedal *brake* kaki.

Keempat *pressure reduce valve* memiliki rancangan dan pengoperasian yang serupa. Di dekat bagian tengah masing-masing *reducing valve* terdapat tiga buah *oil chamber* (ruang oli). Di sebelah kiri, terdapat *reaction chamber* (nomor 1). Di tengah, terdapat *pump supply chamber* (nomor 2), di bagian kanan terdapat *outlet chamber* (nomor 3) yang mengirim oli ke *steering clutch* atau *brake*-nya masing-masing. Hal penting yang harus diingat adalah bahwa, selama pengoperasian, tekanan di dalam *reaction chamber* selalu sama dengan tekanan di dalam *outlet chamber* masing-masing.

Pengoperasian Lurus (Tidak ada Gerakan Tuas)

Gambar 7.26

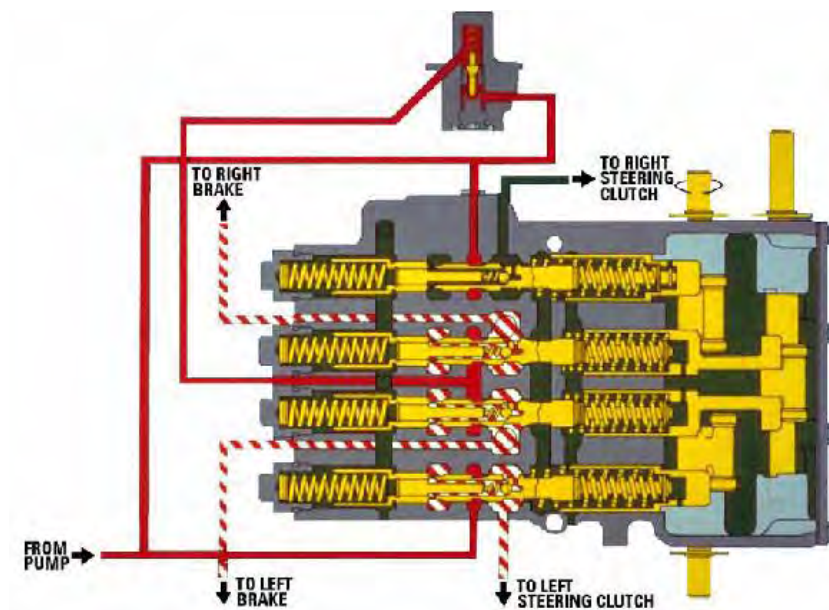
Gambar 7.26 memperlihatkan aliran oli (*Oil Flow*) dan posisi *valve* selama mesin dioperasikan lurus ketika tidak ada gerakan tuas *steering*, tuas *brake* dan pedal

brake tidak ditekan. Oli pompa (dari *priority valve*) dikirim secara langsung ke *supply chamber* di sekitar *reducing valve* untuk *steering clutch*.

Oli pompa yang menuju *supply chamber* untuk *brake* harus terlebih dahulu mengalir melalui *inlet check valve*. Pada awal pengaktifan *steering clutch* (atau pelepasan (*release*) *brake*), oli suplai mengalir melewati *valve spool*, mengisi *outlet chamber*, dan mulai mengisi *clutch*. Pada saat yang sama, oli dari *outlet chamber* membuka *ball check valve*, mengalir di seputar *seat*, dan mengisi *reaction chamber*.

Ketika tekanan *clutch* meningkat, tekanan di dalam *outlet chamber* dan *reaction chamber* juga meningkat. Ketika tekanan *clutch* mencapai setelan maksimumnya, tekanan di dalam *reaction chamber* akan menggerakkan *spool* sedikit ke arah kiri melawan gaya *spring* besar yang terdapat di ujung kiri *spool*.

Gerakan ini menghambat aliran oli (*Oil Flow*) menuju *clutch* dan membatasi tekanan *clutch*. *Spool* pada tahap ini berada dalam posisi *metering*. Jika tekanan *clutch* turun, tekanan di dalam *reaction chamber* juga turun. *Spring* besar di ujung kiri *spool* akan menggerakkan *spool* ke kanan dan membiarkan oli suplai tambahan mengalir ke *clutch* hingga tekanan *clutch* kembali mencapai setelan maksimumnya.

Belok kanan / *right turn* Secara Perlahan

Gambar 7.27

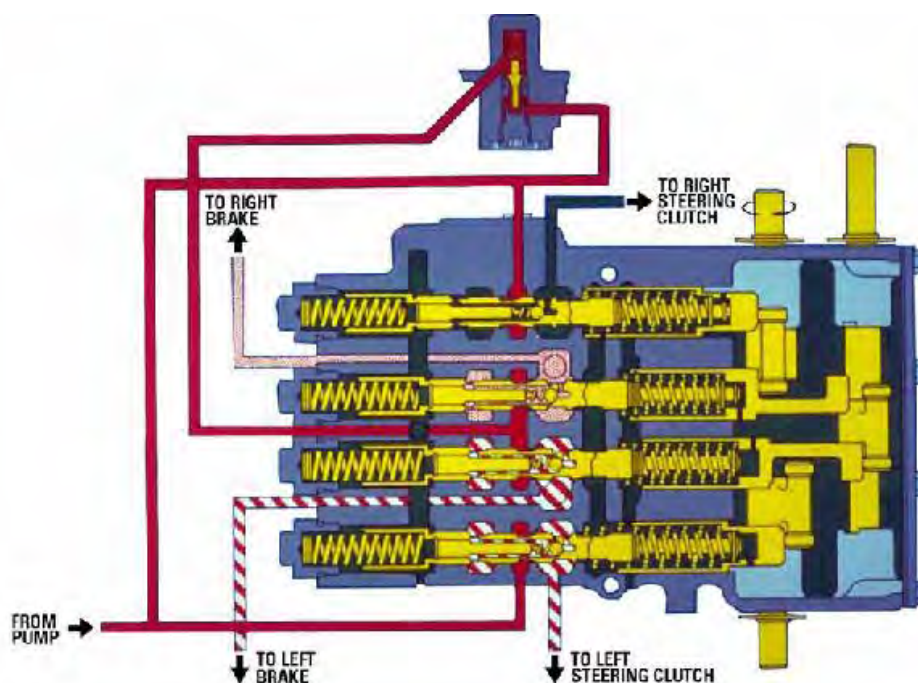
Operator pada tahap ini telah menarik tuas *steering* kanan dan tuas *brake* ke arah belakang mesin untuk melakukan belok kanan/*right turn* secara perlahan. Gerakan tuas menyebabkan berputarnya rangkaian *shaft* dan *roller* untuk *steering clutch* dan *brake* kanan (Gambar 7.27). Saat *roller* bergerak, *plunger* untuk *steering clutch reducing valve* kanan bergerak ke kiri.

Shoulder di bagian dalam *plunger* bersentuhan dengan *washer* di ujung kanan *spool* dan menekan *spring* kecil (dalam). Gaya *spring* kecil bergabung dengan tekanan di dalam *reaction chamber* untuk menggerakkan rangkaian *spool* ke kiri dan terus menghambat aliran oli (*Oil Flow*) menuju *clutch*. Sebelum *spring* besar di ujung kiri *spool* dapat mengembalikan *spool* ke posisi *metering*, tekanan *clutch* dan tekanan di dalam *reaction chamber* harus turun di bawah setelan tekanan maksimum untuk *clutch*.

Saat operator melanjutkan menarik tuas ke arah belakang, *spring* kecil terus tertekan dan tekanan pada *clutch* terus menurun. Akhirnya, *plunger* akan menyentuh ujung kanan *spool* dan menggerakkan *spool* ke posisi yang diperlihatkan. Aliran dari *supply chamber* ke *outlet chamber* terhalang

sepenuhnya. *Outlet chamber*, *clutch*, dan *reaction chamber* terbuka ke arah lubang buang melalui *chamber* di sebelah kanan *outlet chamber*. Oleh karena itu, *steering clutch* terlepas sepenuhnya.

Perhatikan bahwa untuk kondisi yang diperlihatkan, *roller* untuk *brake* kanan telah menyentuh, tetapi tidak menggerakkan, *plunger* untuk *brake* kanan. Tekanan pelepasan (*release*) *brake* masih dalam batas setelan maksimum.

Belok kanan / *right turn* Secara Tajam

Gambar 7.28

Setelah *steering clutch* dilepaskan, gerakan ke belakang tambahan pada tuas pengendali (*control lever*) akan mulai mengaktifkan *brake*. *Brakeroller* menggerakkan *plunger* ke kiri dan menekan *spring* kecil di ujung kanan *brakespool* (Gambar 7.28).

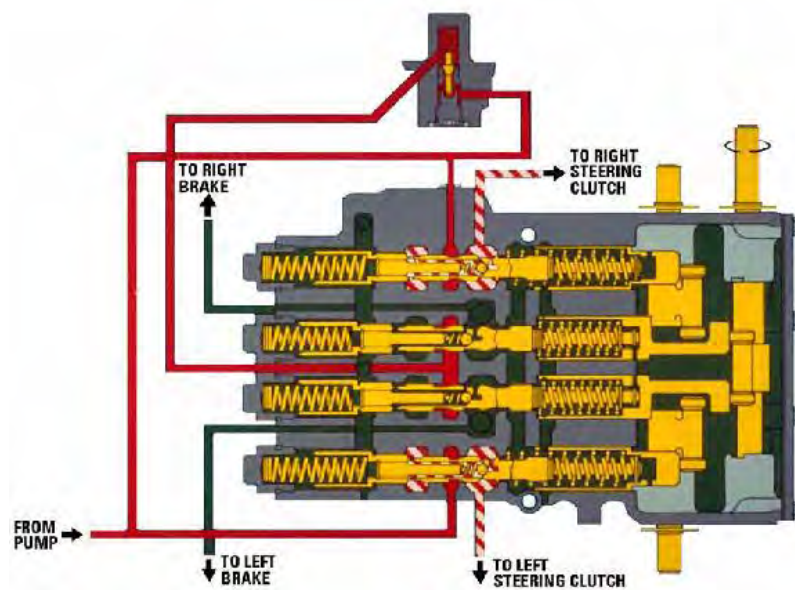
Ini menggerakkan *brakespool* ke kiri dan menghambat aliran oli (*Oil Flow*) menuju *brake*. Berkurangnya tekanan *brake* terjadi yang mirip dengan kondisi yang diuraikan untuk *steering clutch*.

Gerakan rangkaian *shaft* dan *roller* untuk *steering clutch* dan *brake* dibatasi oleh pergerakan *plunger* untuk *steering clutch*. Di dalam skema ini, *clutch plunger* sepenuhnya ke kiri. Akibatnya, rangkaian *shaft* dan *roller* dan *brake plunger* tidak dapat bergerak lebih jauh, *brake* diaktifkan, tetapi sejumlah kecil oli dengan tekanan rendah masih tetap diukur menuju *brake*.

Oli bertekanan rendah ini biasanya disebut sebagai “tekanan residu”. Selama belokan tajam, tekanan residu menuju *brake* dipertahankan untuk memperbaiki waktu respon ketika operator melepas tuas dan kembali ke pengoperasian lurus.

CATATAN BAGI INSTRUKTUR:

Sebagai referensi, tekanan residu *brake* dibatasi pada maksimum 50 psi (350 kPa).

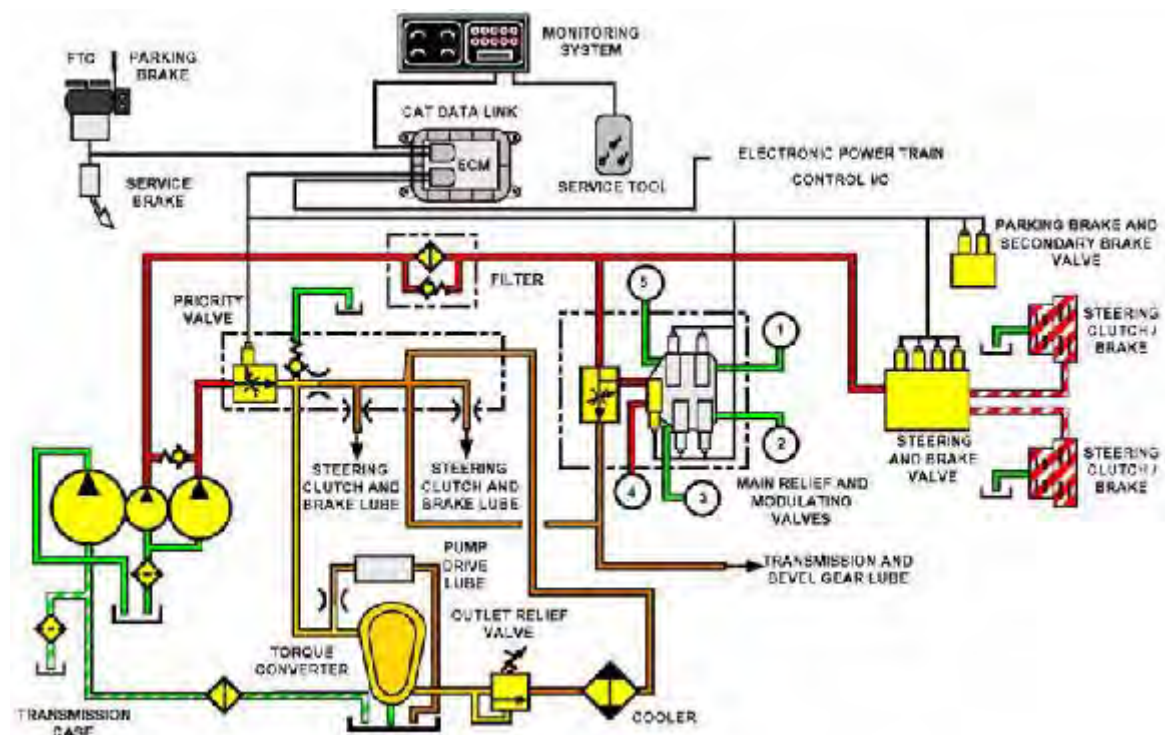
Pedal *Brake* Ditekan

Gambar 7.29

Gambar 7.29 memperlihatkan kondisi yang terjadi bila pedal *brake* ditekan/diinjak. Pada saat pedal *brake* dinjak, rangkaian *shaft* dan *roller* untuk *brake* menggerakkan kedua *brake plunger* ke kiri. Saat *spring* kecil untuk *brake*

spool ditekan, tekanan *brake* kiri dan kanan berkurang seperti dijelaskan sebelumnya untuk *steering clutch*.

Perhatikan bahwa untuk kondisi yang diperlihatkan, gerakan *brake plunger* ke kiri tidak dibatasi oleh pergerakan *steering clutch plunger*. Oleh karena itu, tekanan *brake* dapat turun sampai nol. Karena *steering clutch* tetap diaktifkan, mesin tetap berada dalam posisi *converter stall*.

Electronic Control Steering System

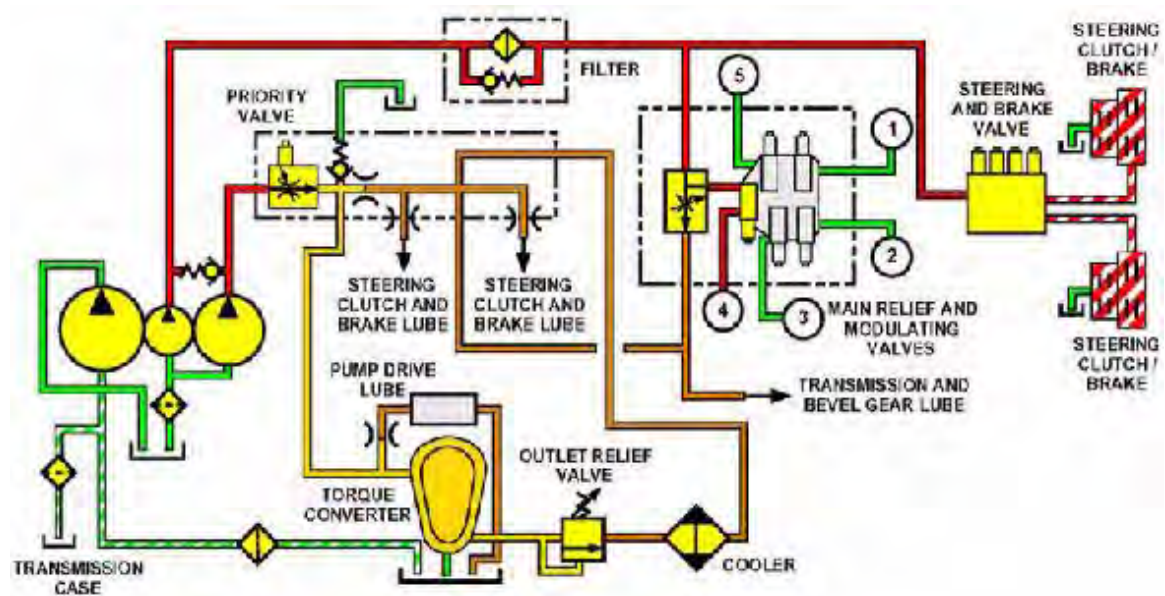
Pendahuluan

Gambar 7.30

Steering system dan *brake* yang dikontrolkan secara *electronic* melaksanakan fungsi *steering* dan *brake* pada mesin dengan menggunakan sentuhan jari tangan (*Finger Tip Control*). Sistem yang diperlihatkan di dalam Gambar 7.30

adalah *steering system* dan *brake* yang dikontrolkan secara *electronic* jenis D6R/D7R. Sistem D5M/D6M bersifat serupa namun tidak menggunakan pipa oli dari *pump scavenge section* menuju *transmission case*.

Perbedaan utama antara sistem *brake steering* yang dikontrolkan secara *electronic* dan sistem *brakesteering* yang dikontrolkan secara manual adalah bahwa Modul Pengendalian *Electronic* (*Electronic Control Module*) (ECM) mengendalikan tekanan yang diberikan ke *brake* dan *steering clutch* dengan menggunakan *proportional solenoid valves*.

ECM merespon permintaan *steering* dan *brake* yang dilakukan operator dengan mengendalikan arus listrik menuju *steering clutch* dan *solenoid brake*. Arus selenoid mengendalikan tekanan menuju *clutch* atau *brake* yang sesuai dengan membuka *proportional valve* ke suatu posisi berdasarkan posisi alat-alat pengendali yang digerakkan oleh operator. Pemberian arus ke solenoid akan menutup *valve*, yang mengarahkan tekanan untuk mengaktifkan *clutch* atau melepas *brake*.

Sistem *Hydraulic* untuk *Power Train*

Gambar 7.31

Sistem *hydraulic* untuk *power train* memiliki pompa tiga bagian (*three section pump*) yang dipasang pada *torque convertion housing* pada D5M/D6M dan pada *bevel gear case* pada D6R/D7R. *Scavenge section* (kiri) mengembalikan oli dari *transmission* dan *torque converter* ke *bevel gear case*.

Control section (kanan) dan *converter* dan *lubrication section* (tengah) mengirim oli dari reservoir umum di dalam *bevel gear case* ke *priority valve*. Sistem yang diperlihatkan di dalam Gambar 7.31 adalah *steering system* dan *brake* yang dikontrolkan secara *electronic* D6R/D7R. Sistem D5M/D6M adalah serupa namun tidak menggunakan pipa oli antara *pump scavenge section* dan *transmission case*.

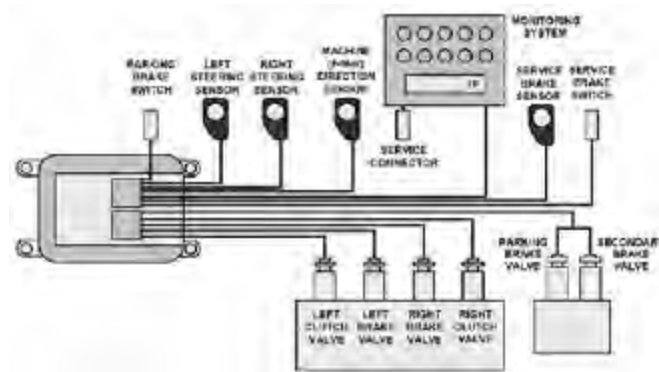
Priority valve mengirim oli dari *control section* melalui *oil filter* dan melalui lubang saluran di dalam *priority valve body* ke *main relief valve*, *transmission control valve*, dan *steering* dan *brake valve*. Oli ini juga memberikan sebagian pelumasan dan pendinginan untuk transmisi dan *bevel gear*. *Main relief valve* membatasi tekanan suplai menuju *control valve* untuk transmisi, *steering clutch* dan *brake*.

Priority valve biasanya mengirim oli dari bagian *converter* dan pelumasan ke *converter inlet relief valve* dan ke sirkuit pelumasan untuk *transmission* dan *bevel gear*. *Converter inlet relief valve* (yang terletak di dalam *converter housing* pada D5M/D6M dan di dalam *priority valve* pada D6R/D7R) membatasi tekanan *inlet* menuju *torque converter*.

Ketika diberi sinyal oleh ECM, *priority valve* mengalihkan oli dari bagian *converter* dan pelumasan ke dalam aliran oli (*Oil Flow*) dari *control section* untuk menambah aliran yang dibutuhkan untuk pengendalian *steering*, *brake* dan transmisi.

Dari *torque converter*, oli mengalir melalui *torque converter outlet relief valve* ke *oil cooler*. *Torque converter outlet relief valve* membatasi tekanan di dalam

converter. Oli dari *cooler* mengalir ke *steering clutch* dan *brake* untuk pelumasan dan kembali ke *sump*. Oli tidak disaring oleh *converter* dan sirkuit pelumasan.

Sistem Listrik pada Steering dan Brake

Gambar 7.32

Steering system dan *brake* secara *electronic* mengendalikan fungsi-fungsi *steering* dan penge-*brake*-an sesuai dengan sinyal *input* dari operator *control*, dan menampilkan informasi mesin pada Sistem Pemantauan Caterpillar (Gambar 7.32). Sensor *steering* kiri dan kanan dan sensor *brake* kaki mendeteksi posisi *Finger Tip Controllever* dan pedal *brake*.

Sensor-sensor tersebut mentransmisi sinyal ke ECM. ECM mengetahui dan mensuplai arus yang dibutuhkan untuk *clutchand brake proportional valve* yang dioperasikan dengan solenoid. *Valve* kopling dan *brake* merespon dengan mengatur tekanan yang menuju *steering clutch* dan *brake* sesuai dengan arus yang disuplai oleh ECM.

ECM merespon tindakan operator dan tidak mengukur respon mesin. Operator merasakan bagaimana mesin merespon dan menyetel *steering clutch* dan *brake Finger Tip Controllever* dan *brake* pedal. Respon mesin atas tindakan operator adalah halus dan tepat karena ECM mentransmisi perubahan tekanan *clutch* dan *brake* secara cepat.

Letak Dan Fungsi Komponen Utama

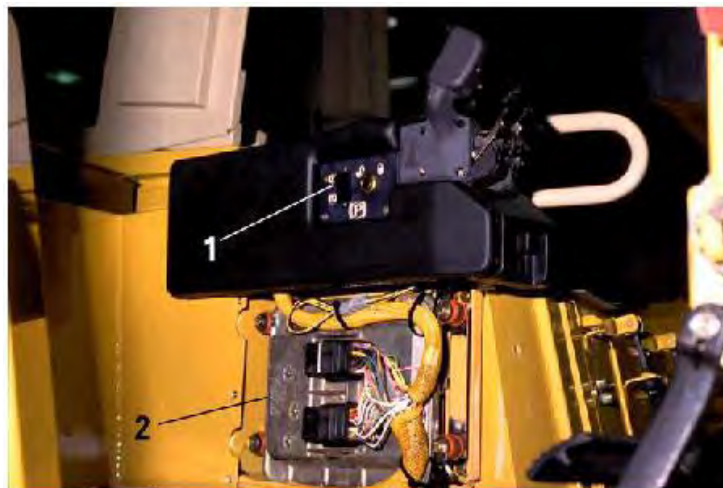
Komponen-Komponen Listrik

Gambar 7.33

Finger Tip Control (FTC) (Gambar 7.33) memberikan sinyal *input* ke *power train* ECM untuk mengoperasikan pengendali *steering clutch* dan *brake*. Fasilitas ini memungkinkan *steering* satu tangan dengan tenaga yang lebih sedikit oleh operator. Ketika menggunakan *Finger Tip Control*, operator dapat menyetel tempat duduk dan FTC *console* untuk mendapatkan posisi yang nyaman. Operator dapat mengemudi ke kiri atau ke kanan dengan mengoperasikan tuas *steering* dan *brake* kiri (1) atau tuas *steering* dan *brake* kanan(2) dengan satu jari tangan. *Finger Tip Control* bekerja mirip dengan tuas *steering* dimana operator menarik tuas *steering* kiri atau kanan sedikit untuk melepas *steering clutch* pada satu *track* dan melakukan belokan secara perlahan. Penarikan tuas (*lever*) sepenuhnya ke belakang akan mengaktifkan *brake* untuk melakukan belokan tajam.

Service brake sensor (tidak diperlihatkan) memberitahu ECM mengenai posisi pedal *brake* dan terletak pada penghubung (*linkage*) *pedal brake*. Saklar *brake* kaki (tidak diperlihatkan) menghubungkan *secondary brake solenoid* langsung ke aki ketika pedal *brake* mencapai pergerakan hampir penuh (*full travel*), yang memberikan kapasitas *brake* maksimum. Saklar *brake* kaki juga terdapat pada penghubung (*linkage*) pedal *brake*.

Gambar 7.34

Sensor *steering* kanan dan sensor *steering* kiri memberitahu ECM mengenai posisi *Finger Tip Control lever* dan terdapat di dalam Rangkaian *Finger Tip Control* (Gambar 7.34).

Gambar 7.35

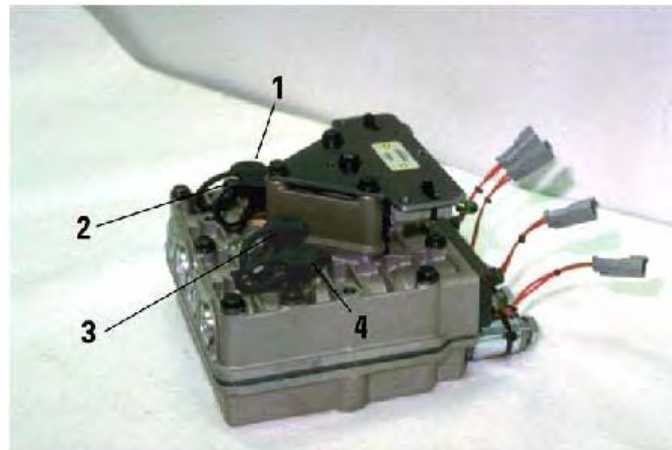
Saklar *brake* parkir (1) memberi sinyal kepada ECM untuk mengaktifkan *brake* parkir dan mencegah hidupnya *engine* ketika sedang dalam posisi OFF. ECM (2) membuat keputusan berdasarkan input mesin dan informasi memori. ECM mengirimkan sinyal-sinyal ke komponen-komponen output yang sesuai.

Komponen-komponen *Hydraulic*

Gambar 7.36

Valve steering dan *brake* dan *priority valve* (Gambar 7.36) terletak di depan *bevel gear case* pada D5M/D6M. *Valve steering* dan *brake* (1) mengendalikan tekanan di dalam *steering clutch* dan *brake* berdasarkan atas sinyal dari ECM. Empat buah *pressure tap* digunakan untuk memeriksa tekanan oli di dalam sirkuit *clutch* dan oli *brake* pada *steering* dan *valve brake* (lihat Gambar 7.37).

Priority valve (2) memastikan bahwa aliran dari *pump* terlebih dahulu tersedia bagi alat-alat pengendali *steering*, *brake* dan transmisi dan bagi *converter supply* dan pelumasan *steering clutch*, *brake* dan transmisi. *Priority valve pressure tap* terletak di sisi kanan *valve*. *Screw* penyetel tekanan *priority valve* terletak pada dasar *valve*.

Priority valve pada D6R/D7R (tidak diperlihatkan) terletak pada *bevel gear case* di sebelah *frame rail* kiri. *Priority valve pressure tap* terletak pada bagian atas *valve*. *Screw* penyetel tekanan *priority valve* terletak pada dasar *valve*. *Pressure tap* dan *screw* penyetel harus diakses dari bawah *tractor*. *Torque converter inlet relief valve*, *pressure tap* dan *pressure adjustment screw* juga terletak di dalam *priority valve* D6R/D7R.

Gambar 7.37

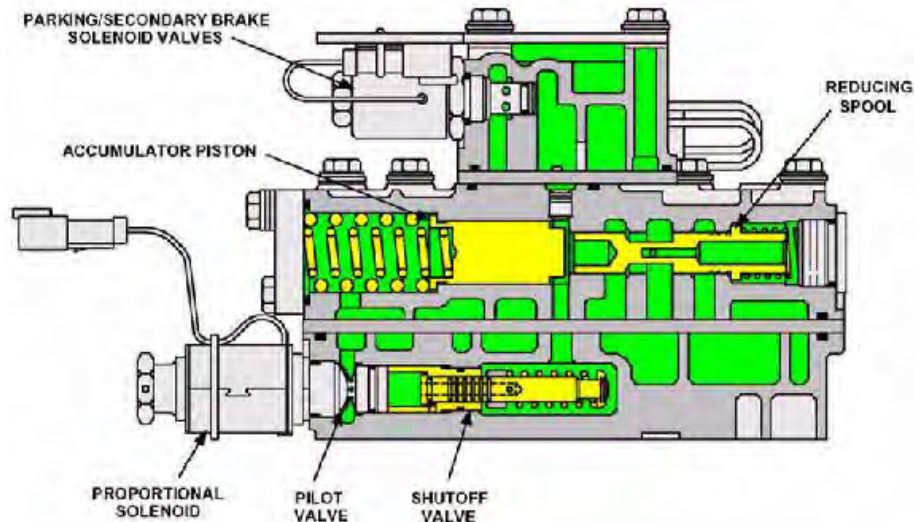
Valve steering dan *brake* pada D6R/D7R terletak pada bagian atas *bevel gear case*, tepat di bawah tempat duduk operator (Gambar 7.37).

Clutch tap dan *brake pressure tap* digunakan untuk memeriksa tekanan di dalam sirkuit *clutch* dan *brake* pada *valve steering* dan *brake*. *Pressure tap* adalah:

- *Clutch pressure tap* kiri (1)
- *Crake pressure tap* kiri 2)
- *Crake pressure tap* kanan (3)
- *Clutch pressure tap* kanan (4)

Steering clutch dan *brake valve* mengandung empat buah *pressure reducing valve*. Masing-masing *pressure reducing valve* mengendalikan tekanan maksimum di dalam *steering clutch* atau *brake*. *Steering clutch* diaktifkan secara *hydraulic*. *Brake* diaktifkan dengan *spring* (*spring*) dan dilepas secara *hydraulic*.

Identifikasi Dan Keterangan Mengenai Komponen *Valve*

Valve steering* dan *brake

Gambar 7.38

- *Proportional solenoid*:

  dikontrolkan oleh ECM dan menetapkan tekanan pilot di dalam *valve steering* dan

  brake.
- *Pilot valve*:

  mengatur tekanan pilot di dalam *pilot pressure chamber*.
- *Accumulator* piston:

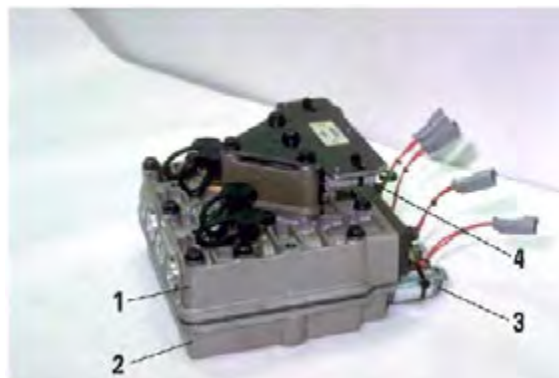
  membantu memodulasi tekanan di dalam *steering clutch* atau *brake* dan mengurangi fluktuasi tekanan pilot karena gerakan rangkaian *reducing spool*.
- Rangkaian *reducing spool*:

  mengatur aliran oli (*Oil Flow*) ke *clutch* atau *brake* untuk mempertahankan tekanan yang ditentukan oleh tekanan pilot di dalam *pilot pressure chamber*.
- Rangkaian *shut off valve*:

  membuang tekanan *brake* secara perlahan jika tekanan *pilot valve* diturunkan lebih cepat dibandingkan dengan yang mungkin dilakukan oleh pergerakan normal tuas *steering* dan *brake* oleh operator. Pembuangan tekanan *brake*

secara perlahan mencegah pengaktifan *brake* secara mendadak selama berbelok. Sebagian tekanan residu juga dipertahankan pada *brake* untuk meningkatkan *respons* sistem selama berbelok ketika *brake* dilepas.

- *Brake* parkir dan *secondary brake solenoid valve*:

  terletak pada bagian atas *valve steering* dan *brake*. Gambar ini memperlihatkan hanya satu *valve*. *Parking brake solenoid* mengarahkan oli ke lubang pembuangan untuk mengaktifkan sepenuhnya *brake* bila saklar *brake* parkir dihidupkan. *Secondary brake solenoid* mengarahkan oli ke lubang pembuangan untuk mengaktifkan *brake* secara penuh pada saat pedal *brake* mencapai 75% pergerakannya.

Gambar 7.39

Badan *valve steering* dan *brake* (*steering* and *brake valve body*) (1) dan *manifold* (2) digabungkan dan terdiri dari komponen-komponen *Valve steering* dan *brake*. *Propotional solenoid* (3) dihidupkan untuk mengaktifkan *steering clutch* dan melepas *brake*. *Solenoid* tersebut dihubungkan ke ECM melalui *harness* kabel mesin.

Pada bagian atas *valve*, ada empat buah *pressure tap* untuk memeriksa tekanan *steering clutch* dan *brake*.

Brake parkir dan *secondary brake solenoid* (4) juga dihubungkan ke ECM melalui *harness* kabel mesin. *Solenoid* mengarahkan oli bertekanan ke lubang buang untuk mengaktifkan *brake* sepenuhnya ketika saklar *brake* parkir diaktifkan atau ketika pedal *brake* kaki mencapai sekitar 75% pergerakannya.

Gambar 7.40

Valve steering dan *brake* diperlihatkan di dalam Gambar 7.40 dalam keadaan dibongkar sebagian. Komponen-komponen yang terlihat adalah sebagai berikut:

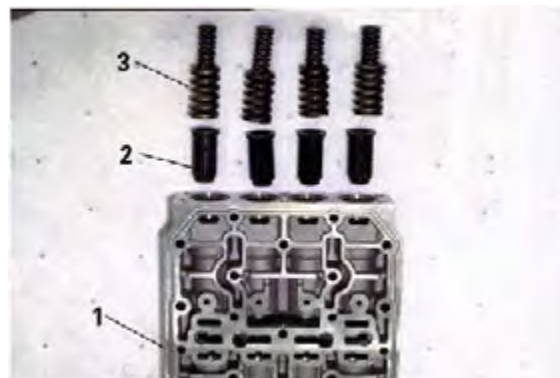
- *Proportional solenoid dan pilot valve* (1)
- *Manifold* (2)
- *Valve body* (3)
- *Reducing spool assembly* (4)

Gambar 7.41

Manifold (1) memuat proportional *solenoid valve* dan *shut off valve*. *Proportional solenoid valve* adalah komponen-komponen *output* ECM dan terdiri dari sebuah *pilot valve* (2) dan *coil* (3). ECM mengaktifkan *solenoid* untuk mengatur tekanan dari *pilot valve*, yang mengontrol besaran tekanan yang diberikan pada *steering clutch* dan *brake*.

ECM menggunakan sebuah sinyal modulasi lebar pulsa (*pulse width modulated* - PWM) untuk mengubah arus ke *solenoid*. Tekanan dari *pilot valve* sebanding dengan arus listrik yang dikirim oleh ECM. Tekanan dari *pilot valve* mengendalikan tekanan dari *reducing valve* yang bersangkutan dan, oleh karena itu juga mengendalikan besarnya pengaktifan *clutch* atau *brake*. BERKURANGNYA arus listrik menyebabkan berkurangnya tekanan, sehingga MENGURANGI pengaktifan *clutch* atau MENINGKATKAN pengaktifan *brake*.

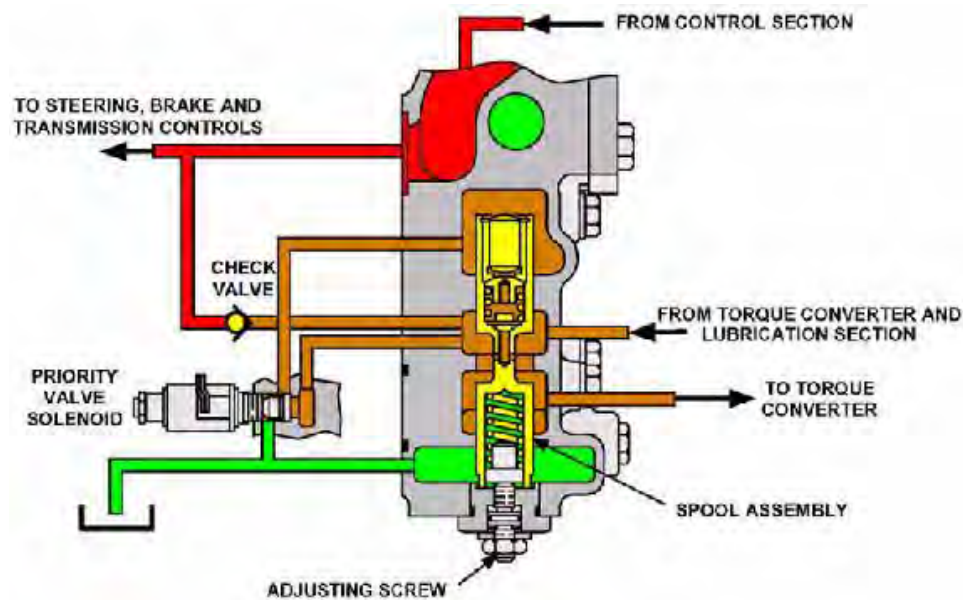
Masing-masing *solenoid* memiliki sebuah konektor dengan dua kontak. Satu kontak menerima sinyal dari ECM dan kontak lain dihubungkan ke *solenoid return circuit* yang mengarah ke ECM. Rangkaian *shut off valve* (4) membuang tekanan *brake* secara perlahan selama pembelokan atau jika tekanan *pilot valve* turun mendadak.

Fitur ini memungkinkan pengurangan secara perlahan tekanan *pilot* untuk mencegah pengaktifan *brake* secara mendadak selama pembelokan atau karena kerusakan listrik namun masih memberikan kesempatan bagi operator untuk mengaktifkan *brake* secara cepat.

Gambar 7.42

Valve body (1) memuat *accumulator* piston (2) dan *spring* (3). *Accumulator* piston mengurangi fluktuasi tekanan pilot karena gerakan rangkaian *reducing spool* dan membantu memodulasi tekanan *clutch* atau *brake*.

Gambar 7.43

Valve body (1) juga memuat rangkaian *reducing spool* (2). *Reducing spool* mengatur aliran oli (*Oil Flow*) ke *clutch* atau *brake*. *Spring* (3) memastikan bahwa tekanan *clutch* atau *brake* dapat dikurangi sampai nol. *Reducing spool* memiliki sebuah *pressure feedback* (*reaction*) *chamber* yang digerakkan oleh tekanan oli *clutch* atau *brake*. *Plug* (4) menahan *reducing spool* di dalam *valve body*.

Priority Valve

Gambar 7.44

- *Priority valve solenoid*:
  dikontrolkan oleh ECM dan, bila dihidupkan, menjaga tekanan normal di dalam sirkuit tekanan rendah (*torque converter* dan pelumasan). Bila dimatikan, *solenoid* membiarkan aliran dari *torque converter* dan *lubrication section* untuk menambah aliran dari *control section*.
- Rangkaian *spool*:
  mengarahkan aliran oli (*Oil Flow*) di dalam priority *valve*.
- Rangkaian *check valve*:
  membiarkan oli *inlet* dari bagian *torque converter* dan pelumasan untuk menambah aliran ke pengendali *steering*, *brake* dan transmisi.selama kondisi operasi tertentu.
- Sekrup penyetel:
  digunakan untuk menyetel setelan tekanan *priority valve*.

Gambar 7.45

Gambar 7.45 memperlihatkan *priority valve* pada D5M/D6M. *Priority valve solenoid* (1) diaktifkan/dihidupkan untuk menjaga tekanan oli normal di dalam *torque converter* dan sirkuit pelumasan. *Solenoid* dihubungkan ke ECM melalui *harness* kabel mesin.

Priority valve pressure tap (2) digunakan untuk memeriksa tekanan *priority valve*. *Priority adjustment screw* (3) digunakan untuk menyetel tekanan *priority valve* dan ditahan oleh sebuah *locknut* (4). *Torque converter inlet pressure tap* (5) juga dipasang di dalam *valve body*.

Gambar 7.46

Priority valve D5M/D6M diperlihatkan di dalam Gambar 7.46 dalam keadaan dibongkar. Komponen-komponennya terdiri dari:

- *Solenoid coil* (1)
- *Solonoid valve* (2)
- Rangkaian *check valve* (3)
- *Priority valve pressure tap* (4)
- *Torque converter inlet pressure tap* (5)
- Rangkaian *spool* (6)
- *Spring* (7)
- *Pressure adjusting screw* (8)

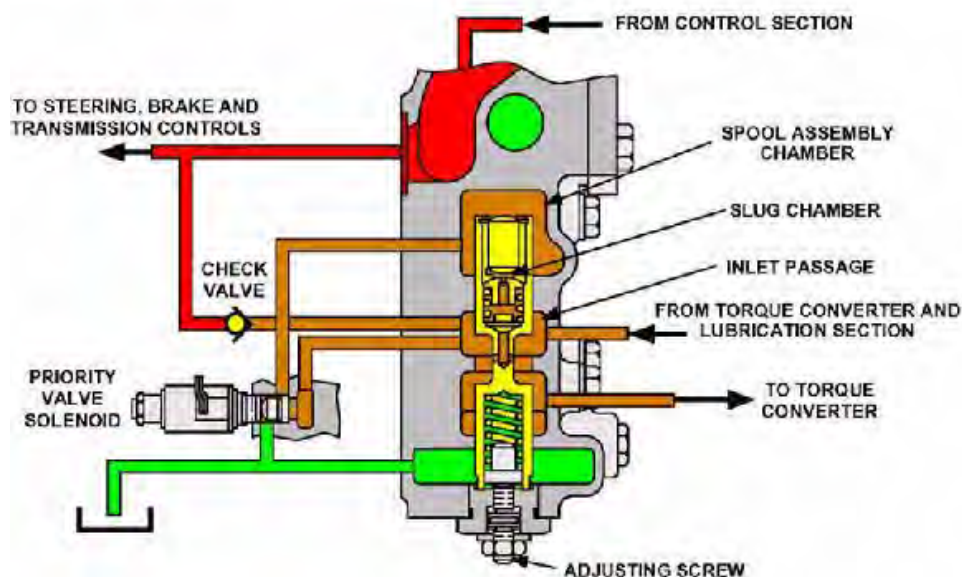
Gambar 7.47

Gambar 7.47 memperlihatkan *priority valve* pada D6R/D7R. *Priority valve solenoid* (1) diaktifkan untuk menjaga tekanan oli normal di dalam *torque*

converter dan sirkuit pelumasan. *Solenoid* dihubungkan ke ECM melalui *harness* kabel mesin.

Priority valve pressure tap (2) digunakan untuk memeriksa tekanan *priority valve*. *Priority valve pressure adjustment screw* (3) digunakan untuk menyetel tekanan *priority valve* dan ditahan dengan sebuah *locknut*.
Priority valve di dalam D6R dan D7R juga memuat *torque converter inlet relief valve*, *relief valve adjustemen screw* (4) dan *pressure tap* (5).

Pengoperasian Sistem

Priority Valve

Gambar 7.48

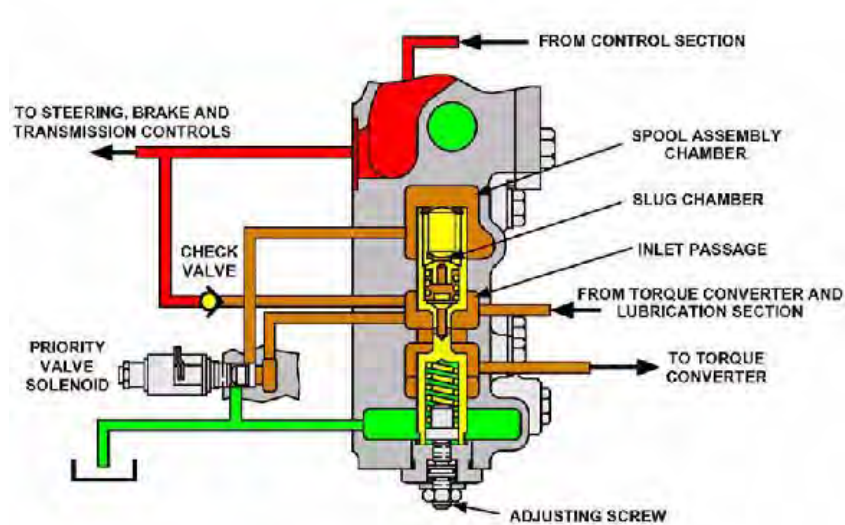
Informasi berikut ini membahas tentang aliran oli (*Oil Flow*) melalui *priority valve* dan bagaimana *valve* meningkatkan tekanan oli dari *torque converter* dan *lubrication section* pada *pump* untuk memberikan aliran tambahan untuk pengontrolan transmisi dan *brake*. Gambar 7.48 adalah gambar bagian *valve* tersebut.

Priority valve memastikan tekanan oli terlebih dulu tersedia untuk pengendalian *steering*, *brake*, dan transmisi dan untuk suplai pada *converter* dan pelumasan *steering clutch*, *brake* dan transmisi. *Priority valve* mempunyai dua mode pengoperasian. Dalam mode normal, aliran *pump transmission charging* and *control section* dan *pump torque converter* dan *lubrication section* terpisah dan tidak ada prioritas yang diberikan pada aliran *control section*. Dalam mode prioritas (*priority mode*), aliran *torque converter* dan *lubrication* memberikan prioritas untuk mempertahankan tekanan pengendalian *steering*, *brake* dan transmisi.

Oli dari *torque converter* dan *lubrication section* pada pompa memasuki lubang saluran *inlet*, mengalir melalui lubang-lubang di dalam rangkaian *spool*, dan mengisi *slug chamber* antara *slug* dan *poppet*. Oli dari *torque converter* dan *lubriction section* juga mengalir ke *priority valve solenoid* dan ke *check valve*. *Solenoid valve* mengarahkan oli tersebut ke *spool assembly chamber* dan menggerakkan *spool* kebawah atau ke saluran buang, yang membiarkan *spool* bergerak ke atas.

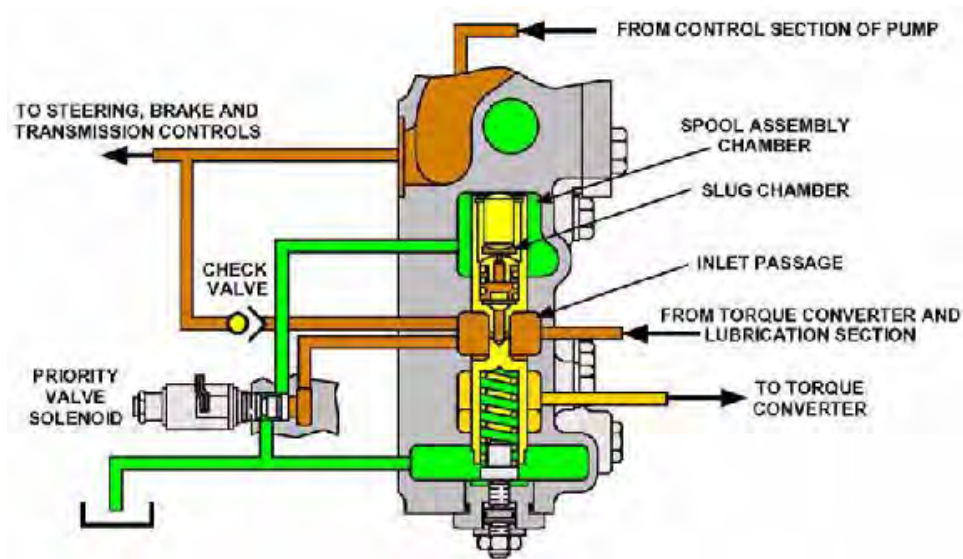
Ketika oli dari *solenoid valve* menggerakkan *spool* ke bawah, rangkaian *spool* mengarahkan oli ke *torque converter*. Oli juga mengalir ke *converter inlet relief valve* dan ke *lubrication circuit* untuk transmisi.

Ketika oli dialirkan keluar dari *spool assembly chamber*, gaya *spring* (*spring*) menggerakkan *spool* ke atas untuk menghambat lubang saluran yang menuju ke *torque converter*. Tekanan pada *inlet* meningkat dan membuka *check valve* untuk menambah aliran yang menuju ke alat pengendali *clutch*, *brake* dan transmisi.

Mode Normal (Normal *Mode*)

Gambar 7.49

Dalam Mode Normal, *solenoid valve* DIBERI ENERGI oleh ECM (Gambar 7.49). Oli dari *torque converter* dan *lubrication section* pada pompa (*pump*) memasuki lubang saluran *inlet*, mengalir melalui lubang-lubang di dalam rangkaian *spool*, dan mengisi *slug chamber* di antara *slug* dan *poppet*. Oli juga memasuki *solenoid valve* dan diarahkan ke *spool assembly chamber* dimana tekanan bekerja pada area *spool* tambahan di sekitar *slug*.

Tekanan tersebut menyebabkan rangkaian *spool* bergerak ke bawah (ke arah *adjustment screw* yang membiarkan oli mengalir ke *torque converter*. Tekanan *inlet* terlalu rendah untuk membuka *check valve*. Dari lubang saluran *outlet*, oli mengalir ke *torque converter* dan ke sirkuit pelumasan untuk transmisi.

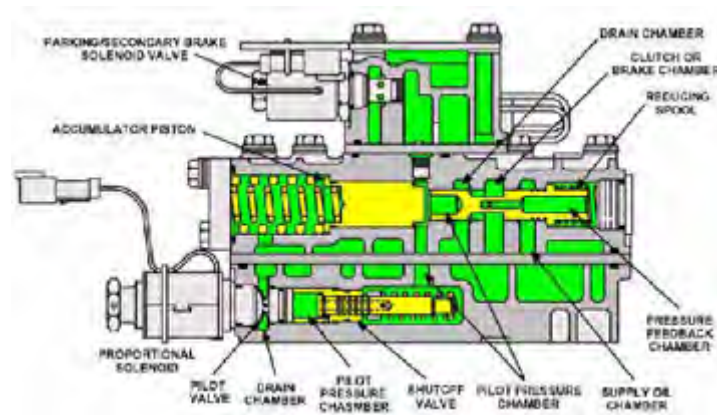
Mode Prioritas (*Priority Mode*)

Gambar 7.50

Modus Priority, solenoid di-MATIKAN oleh ECM (Gambar 7.50). Oli dari *torque converter* dan *lubrication section* pada pompa memasuki lubang saluran *inlet*, mengalir melalui lubang-lubang di dalam rangkaian *spool* dan mengisi *slug chamber* antara *slug* dan *poppet*. Oli juga memasuki *solenoid valve* dan diarahkan ke lubang buang.

Tekanan *inlet* di dalam *slug chamber* dan gaya *spring* menggerakkan rangkaian *spool* ke atas (menjauhi *screw* penyetel). *Spool* menghambat aliran ke *converter* dan *lubrication outlet passage*. Ketika tekanan meningkat di dalam *converter* dan *lubrication inlet*, *check valve* membuka dan membiarkan oli dari *torque converter* dan *lubrication section* untuk menambah aliran ke alat pengendali *steering*, *brake* dan transmisi.

Priority valve berada dalam *Priority Mode* selama kondisi berikut ini:

- suhu oli dibawah 40° C (104° F).
- selama penggantian kecepatan atau arah.
- kecepatan *engine* dibawah 1300 rpm.

Valve Steering* dan *Brake

Gambar 7.51

Informasi berikut ini membahas tentang aliran oli (*Oil Flow*) melalui *valve steering* dan *brake* dan bagaimana *valve* tersebut bekerja agar *steering clutch* atau *brake* DIAKTIFKAN dan DILEPAS. Gambar 7.51 memperlihatkan bagian samping *valve* tersebut.

Oli yang menuju ke *valve steering* dan *brake* mengalir masuk ke dalam *supply port*, melalui sebuah *orifice*, ke *supply oil chamber* di dalam badan *valve*. Oli dari *supply port* juga mengalir melalui *screenedorifice* ke *pilot pressure chamber* di dalam *manifold*. Tekanan di dalam *pilot pressure chamber* diatur oleh *pilot valve assembly*. *Screenedorifice* memisahkan tekanan pilot dari tekanan suplai.
Tekanan di dalam *pilot pressure chamber* meningkat dan membuka sebuah *poppet* di dalam *pilot valve*. Lubang tersebut memungkinkan oli dari *pilot pressure chamber* masuk ke dalam *drain chamber* untuk menjaga tekanan konstan di dalam *pilot pressure chamber*. Tekanan yang dibutuhkan untuk membuka *poppet* di dalam *pilot valve* ditentukan oleh gaya yang diberikan pada *poppet* oleh *solenoid*.

Oli mengalir dari *pilot pressure chamber* melalui *manifold* ke ujung kiri *reducing spool*. Di dalam Gambar 7.51, sebuah *valve brake* diperlihatkan dengan

rangkaian *shut off valve*. Oli juga mengalir melalui lubang saluran kecil di dalam *shut off valve*.

Oli dari *brake pressure chamber* mengalir melalui lubang saluran kecil di dalam *reducing spool* dan mengisi *pressure feedback* (*reaction*) *chamber*. Saat tekanan pilot pada ujung kiri *spool* lebih besar dibandingkan tekanan *brake* pada ujung kanan *spool* ditambah dengan sejumlah kecil yang ditentukan oleh *spring*, *reducing spool* bergerak ke kanan dan membiarkan oli suplai memasuki *brake chamber*.

Oli mengalir ke *brake*. Ketika saluran-saluran pada *brake* (*brakepassages*) penuh dengan oli, tekanan di dalam *pressure feedback chamber* mulai meningkat dan menggerakkan *reducing spool* ke kiri, menghambat aliran oli (*Oil Flow*) dari *supply chamber* ke *brake*. Ketika tekanan *brake* yang ditetapkan oleh tekanan *pilot* dicapai, *reducing spool* membiarkan sejumlah oli masuk ke dalam *brake chamber* yang hanya cukup untuk mengganti kekurangan yang disebabkan oleh kebocoran dan menjaga tekanan *brake* konstan.

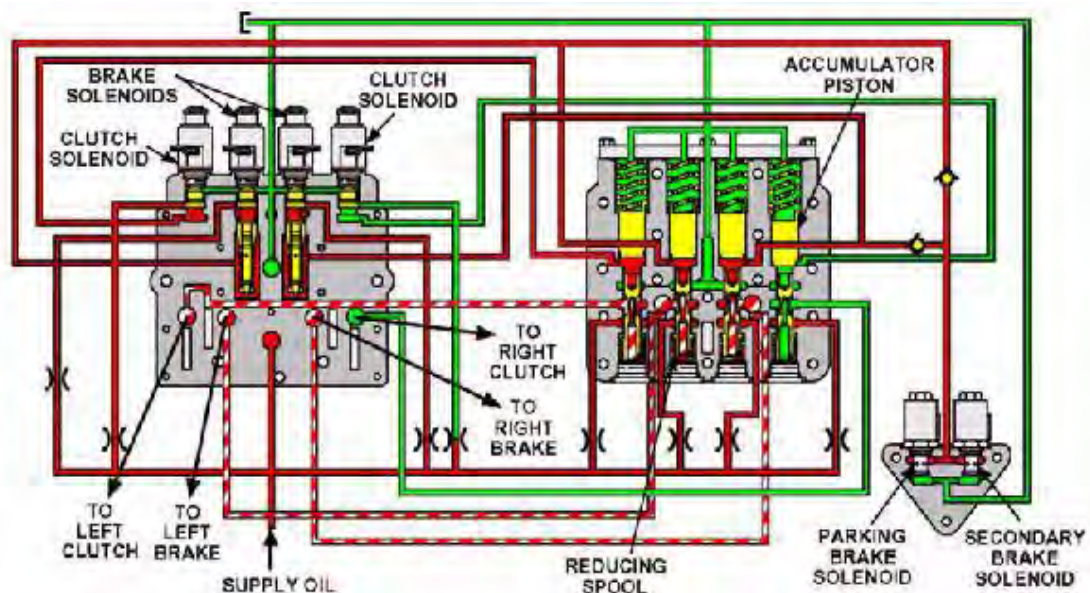
Accumulator piston membiarkan sejumlah oli menumpuk pada tekanan pilot. Tekanan pilot pada ujung kiri *reducing spool* menyebabkan *accumulator* piston bergerak ke kiri, yang meningkatkan volume dan tekanan oli yang bekerja pada *reducing spool*. Kondisi ini mengurangi fluktuasi tekanan pilot karena gerakan *reducing spool*. Pada saat tekanan pilot diubah karena modulasi *electronic solenoid*, *accumulator* menghambat perubahan tekanan *hydraulic*.

Ketika operator meminta pengaktifan *clutch* dikurangi atau *brake* ditingkatkan, ECM akan mengurangi arus yang menuju ke *solenoid*. Tekanan *pilot* membuka *poppet* di dalam *pilot valve* dan mengurangi tekanan dari *pilot pressure chamber*. Tekanan yang lebih tinggi di dalam *clutch* atau *brake chamber* dan *pressure feedback chamber* menyebabkan *reducing spool* bergerak ke kiri dan membuka *clutch* atau *brake chamber* untuk pembuangan.

Oli keluar hingga tekanan pilot dan tekanan *clutch* atau *brake* kembali seimbang, dan *reducing spool* menutup lubang yang mengarah ke *drain*. Bila tekanan *clutch*

diturunkan sampai nol, *clutch* dilepas oleh tekanan oli pelumas di sekitar *clutch*. Bila tekanan *brake* dikurangi sampai nol, maka *brake* diaktifkan oleh gaya *spring*.

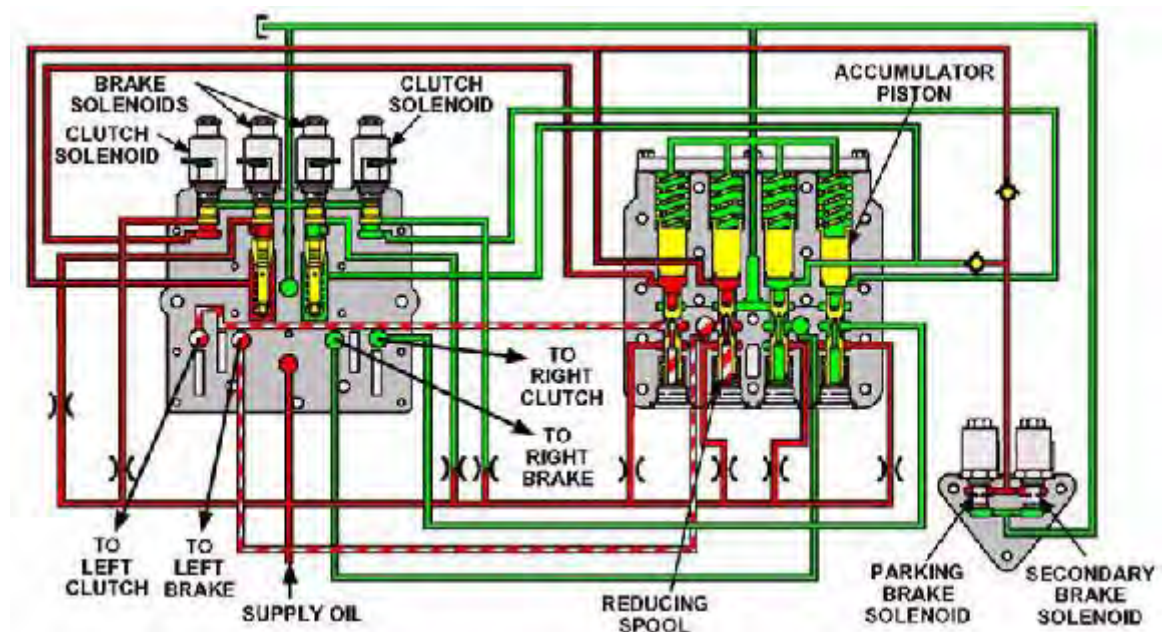
Rangkaian *shut off valve* membuang tekanan *brake* secara perlahan selama pembelokan atau jika tekanan *pilot valve* turun mendadak. Fitur ini memungkinkan penurunan secara perlahan tekanan pilot untuk mencegah pengaktifan *brake* secara mendadak, baik selama pembelokan atau karena kerusakan listrik, dan masih memberikan kesempatan bagi operator untuk mengaktifkan *brake* secara cepat. Rangkaian *shut off valve* bereaksi untuk menahan tekanan di dalam *pilot pressure chamber*. Tekanan yang lebih tinggi di dalam *pilot pressure chamber* menyebabkan *spool* di dalam *shut off valve* bergerak ke kiri melawan gaya *spring* (*spring*). Gerakan ini menutup lubang di dalam *shut off valve* untuk mengurangi aliran keluar dari *chamber*, yang menyebabkan berkurangnya secara perlahan tekanan pilot dan pengaktifan *brake* secara perlahan.

Belok kanan / *right turn* Secara Perlahan

Gambar 7.52

Sebagaimana dinyatakan sebelumnya, *proportional solenoid valve* mengontrol posisi *pressure reducing spool* di dalam *control valve*. Pada saat operator mulai menarik tuas pengendali *steering* kanan (*right steering control lever*), *Pulse*

Width Modulated (PWM) *position* sensor mengirim sinyal ke *electronic control module* untuk mengurangi arus ke *clutch proportional solenoid* kanan (Gambar 7.52). Gerakan *solenoid valve* mengurangi tekanan oli pilot dan menyebabkan *reducing spool* bergerak ke atas.

Gerakan ini membuang oli di dalam *sirkuit clutch* dan mengurangi tekanan *clutch*. Karena arus yang menuju ke *proportional solenoid* (yang menetapkan tekanan pilot) tergantung dari posisi tuas (*lever*), tekanan di dalam *clutch circuit* berbanding langsung dengan posisi tuas. Semakin jauh tuas (*lever*) ditarik, semakin besar tekanan *clutch* dikurangi hingga mencapai nol dan *clutch* dilepas. Mesin melakukan BELOK KANAN / *RIGHT TURN* SECARA PERLAHAN.

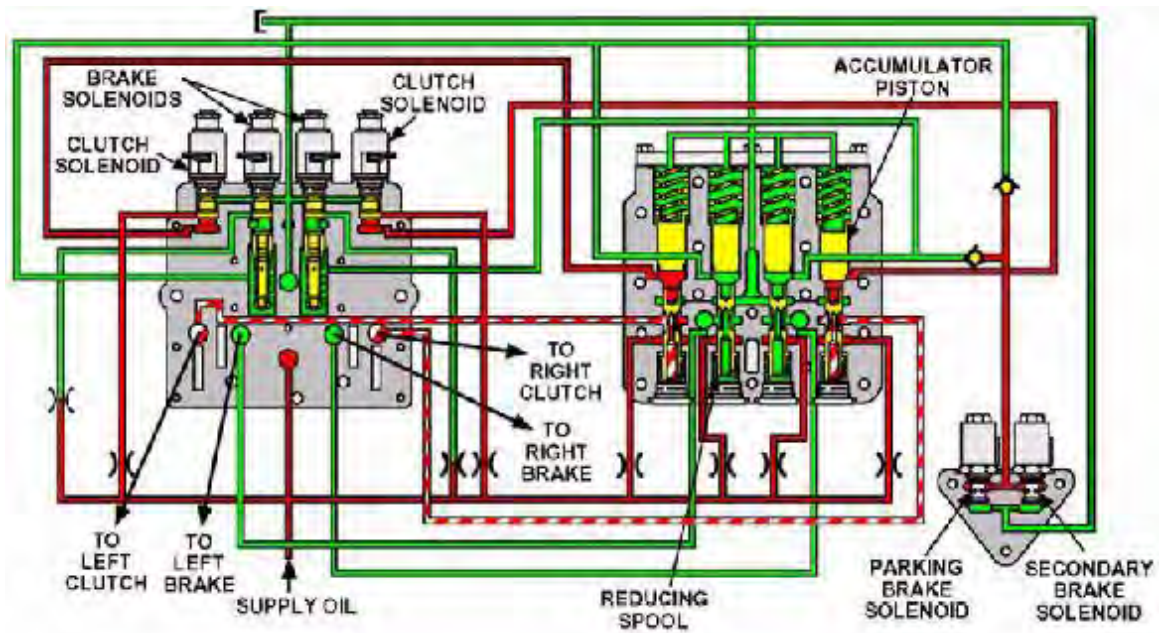
Belok kanan / *right turn* Secara Tajam

Gambar 7.53

Untuk melakukan BELOK KANAN / *RIGHT TURN* SECARA TAJAM, operator menarik tuas pengendali *steering* sepenuhnya ke belakang. Selama gerakan awal tuas pengendali, tekanan *clutch* dimodulasi sampai nol (seperti ketika belok kanan / *right turn* perlahan dilakukan) (Gambar 7.53).

Jika operator terus menarik tuas pengendali, *Pulse Width Modulated* (PWM) *position sensor* memberitahu *electronic control module* untuk mengurangi arus ke *brake proportional solenoid* kanan. *Solenoid valve* mengurangi tekanan oli pilot dan menyebabkan *reducing spool* untuk *brake* kanan bergerak naik.

Gerakan ini mengeluarkan oli di dalam sirkuit *brake* kanan dan mengurangi tekanan *brake*. Karena arus yang menuju ke *proportional solenoid* (yang menetapkan tekanan *pilot*) tergantung dari posisi *lever*, tekanan di dalam sirkuit *brake* berbanding langsung dengan posisi tuas.

Semakin jauh tuas ditarik, semakin besar tekanan *brake* yang dikurangi hingga *brake* sepenuhnya diaktifkan. Kegiatan ini mengakibatkan mesin BERBELOK KE KANAN SECARA TAJAM. *Shutoff valve* membuat sebagian tekanan residu dipertahankan pada *brake* untuk memperbaiki *respons* sistem bila *brake* dilepas.

***Brake* Diaktifkan**

Gambar 7.54

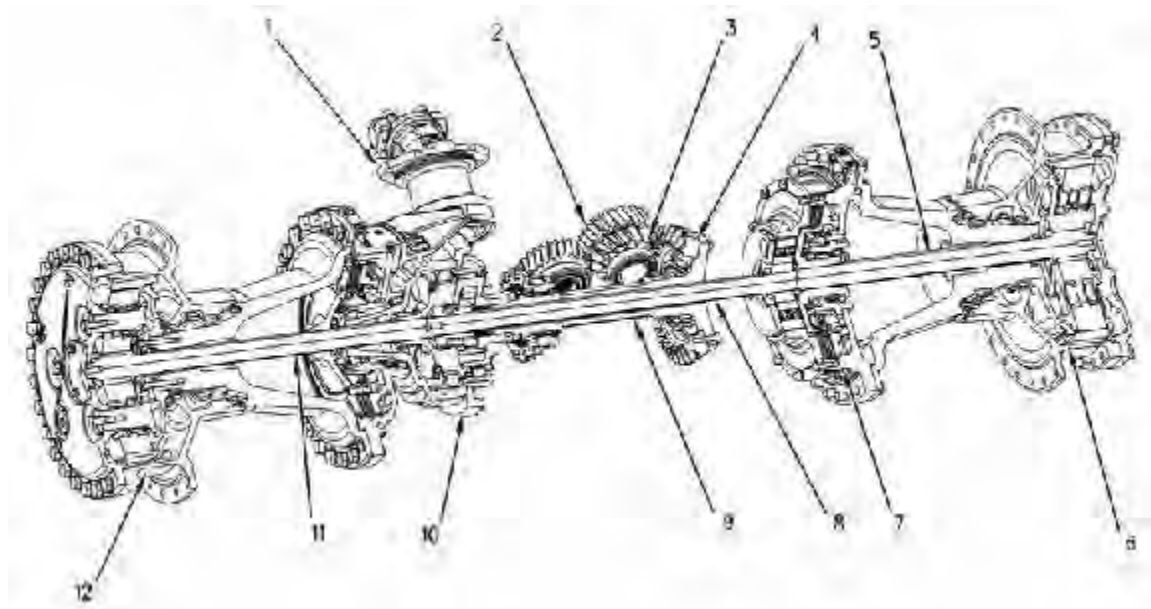
Pada saat operator mulai menekan pedal *brake*, *rotary* sensor mengirim sebuah sinyal ke ECM yang menunjukkan posisi pedal *brake* (Gambar 7.54). ECM mengarahkan arus relatif terhadap posisi pedal ke *proportional brake solenoid*.

Pada saat arus yang menuju ke *proporsional solenoid* berkurang, tekanan pilot juga berkurang. Penurunan tekanan pilot pada *proporsional solenoid* menimbulkan perbedaan tekanan pada *reducing spool* dan menyebabkan *reducing spool* bergerak naik.

Gerakan ini memungkinkan minyak *brake* dikeluarkan ke lubang pembuangan. Oleh karena itu, jika pedal *brake* hanya ditekan sebagian, tekanan oli pilot akan berkurang secara proporsional. Hanya sebagian dari minyak *brake* (*brake oil*) yang akan dikeluarkan, sehingga mengakibatkan pengaktifan *brake* sebagian. Jika pedal *brake* dinjak sepenuhnya, tekanan pilot akan berkurang sampai nol, yang menyebabkan pengaktifan *brake* penuh.

Bila pedal mencapai 75% pergerakannya, *service brake switch* menutup dan menghubungkan *secondary brake solenoid* ke aki. *Secondary brake solenoid valve* membuang tekanan oli yang masih ada ke saluran buang (*drain*), memindahkan *reducing spool* dan membuang semua minyak *brake* (*brake oil*). Operasi ini menghasilkan kapasitas *brake* maksimum.

***Steering* Differensial**

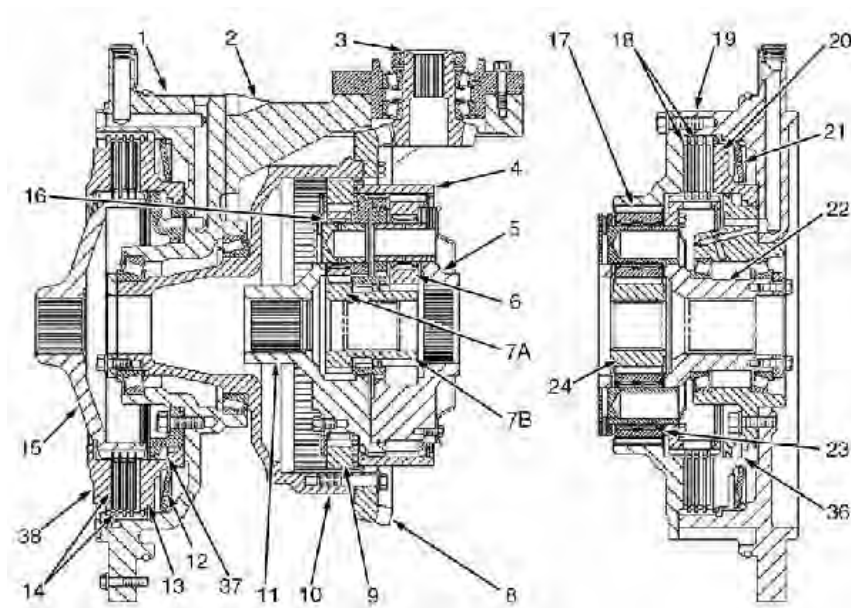
Komponen

Gambar 7.55 Pemandangan *steering system diferensial* D6N dari belakang traktor

Keterangan Gambar 7.55

1. *steering motor*
2. *transfer gear*
3. *pinion gear*
4. *bevel gear*
5. batang (*Rod*) *axle* luar
6. *final drive*
7. *planetary* dan *brake*
8. *axle* dalam
9. *bevel gear shaft*
10. *steering differential*
11. batang (*Rod*) *axle* luar
12. *final drive*

Gambar yang diperbesar dari sebuah *steering system diferensial* diperlihatkan di Gambar 7.55. Sistem dasar terdiri dari sebuah *steering diferensial (steering differential)* (10), sebuah pompa *hydraulic*, sebuah motor *steering* (*steering motor*) (1), dan pengendali *steering* (*steering control*).

Steering differential (10) menerima tenaga dari dua komponen. Satu *power input* adalah dari transmisi untuk pengendalian kecepatan dan untuk gerakan MAJU atau MUNDUR. Input lain adalah dari motor *hydraulic* untuk pengendalian *steering*.

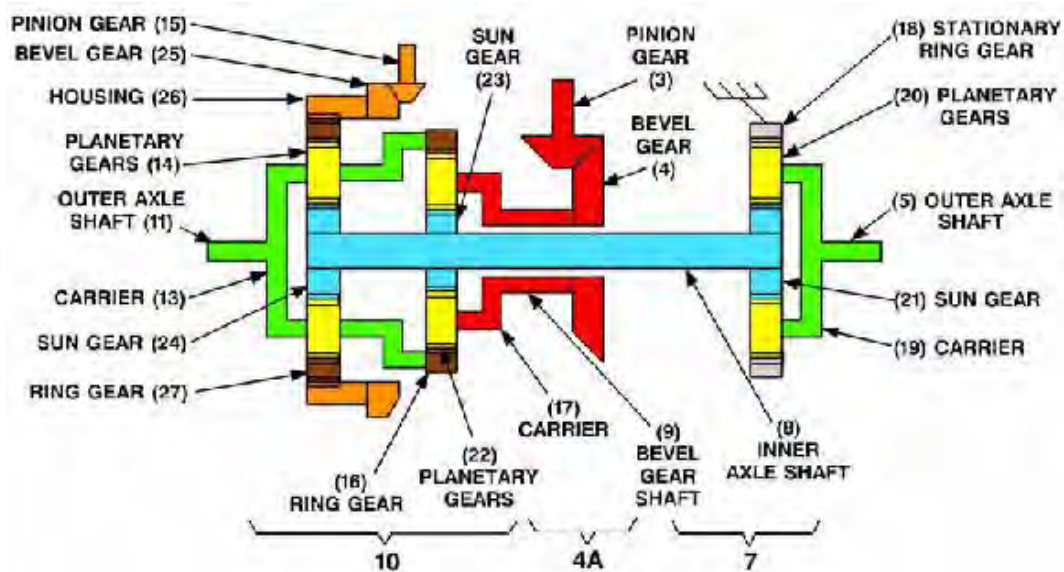
Motor steering (steering motor) (1) memutar *steering differential* (10). *Steering differential* menambah kecepatan satu *track*. *Steering differential* mengurangi kecepatan *track* yang lain. Perbedaan kecepatan *track* membelokkan mesin. Arah putaran *steering* motor (1) menentukan arah belokan. Kecepatan motor yang lebih tinggi menyebabkan belokan mesin yang lebih tajam.

Gambar 7.56 Tampak *steering differential* dan *planetary gear set* yang dibesarkan

Keterangan Gambar 7.56

1. *brake housing*
2. *motor support*
3. *pinion gear for steering differential*
4. *ringl gear*
5. *carrier*
6. *planetary gears*

7A sun gear

7B sun gear

8. *bevel gear*
9. *ring gear*
10. *housing*
11. *carrier*
12. *belleville spring*
13. *brake piston*
14. *frinction discs & brake plates*
15. *hub*
16. *planetary gears*
17. *stationary ring gear*
18. *friction discs & brake plates*
19. *brake housing*
20. *brake piston*
21. *Belleville spring*
22. *carrier*
23. *planetary gears*
24. *sun gear*
25. *chamber*

Gambar 7.57

Aliran tenaga transmisi dimasukkan melalui *pinion gear* (3) dan *bevel gear* (4). Aliran tenaga tersebut dimodifikasi oleh aliran tenaga dari *steering motor* yang mengalir melalui *pinion gear* (15) dan *bevel gear* (25).

Steering differential (10) terdiri dari dua *planetary gear train*, sebuah *bevel gear set*, dan satu *set brake*. Komponen-komponen berikut ini dihubungkan secara mekanis dengan *steering differential*: *bevel gear set* (4A) transmisi, *planetary gear train* (7), dan *brake*.

Planetary gear, bevel gear, dan *brake* dihubungkan oleh komponen-komponen di dalam *power train*. Batang (*Rod*) *axle* luar, sebuah batang (*Rod*) *axle* dalam dan *bevel gear shaft* pada transmisi menghubungkan komponen-komponen *power train* ini. Tenaga ditransmisi dari *steering differential* dan *equalizing planetary* sisi kanan, melalui batang (*Rod*) *axle* luar, dan ke final drive.
Pinion gear (3) dan *bevel gear* (4) dihubungkan ke *carrier* (17) oleh *bevel gear shaft* (9). *Pinion gear* (15) dan *bevel gear* (25) dihubungkan ke *housing* (26).

Ring gear (27) dihubungkan ke *housing* (26). *Planetary gear* (14) menghubungkan *ring gear* (27) ke *carrier* (13). Batang (*Rod*) *axle* luar (11)

dihubungkan ke *carrier* (13). *Ring gear* 16) dihubungkan ke *carrier* (13) dan *carrier* (17) melalui *planetary gear* (22).

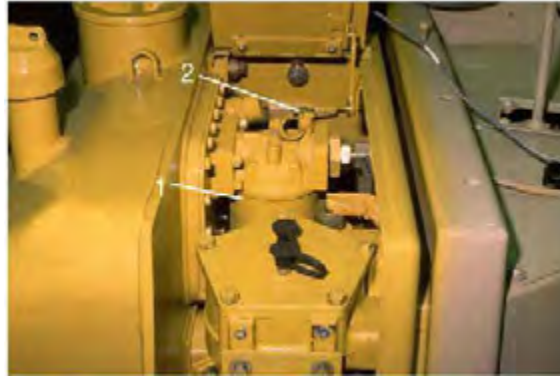
Sun gear (24), (23), dan (21) dihubungkan ke batang (*Rod*) *axle* dalam (8). Batang (*Rod*) *axle* luar (5) dihubungkan ke *carrier* (19). *Stationary ring gear* (18) dihubungkan ke *brake housing*, yang dihubungkan ke *bevel gear case*. Batang (*Rod*) *axle* luar dihubungkan ke *final drive* yang memutar *track*.

Aliran tenaga melalui *steering system diferensial* berasal dari sumber-sumber berikut ini:

- Transmisi
- *Steering*
- Gabungan Transmisi dan *steering*.

Gambar 7.58

Sebuah *variable displacement*, *piston-type hydraulic pump* (1) pada D6R memberikan aliran oli (*Oil Flow*) ke *valve steering*, *lift*, *tilt*, dan *ripper* (Gambar 7.58). *Engine flywheel* menggerakkan *pump*. *Compensator valve* (2) mengendalikan *swashplate angle* di dalam *pump*. Gunakan *upper pressure tap* (3) untuk memeriksa *low pressure standby* dan *pressure system* maksimum. Gunakan *lower pressure tap* (4) untuk memeriksa tekanan sinyal.

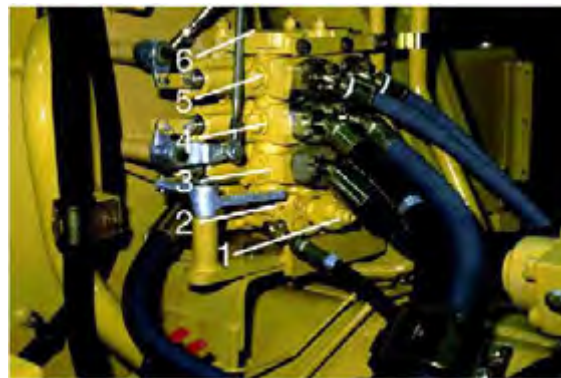
Oil cooler pump (5) mengarahkan oli melalui *hydraulic oil cooler* untuk memberikan aliran oli (*Oil Flow*) ke *pump* dan *steering motor case drain circuit* untuk pelumasan dan pendinginan.

Gambar 7.59

Case drain filter (1) berada di dalam *compartment* yang sama dengan *transmission filter*. *Tap* (2) di dalam *case drain filter housing* memungkinkan dilakukan pengambilan sampel oli secara langsung.

Gambar 7.60

Hydraulic oil cooler (tanda panah) pada *differential steer machine* D6R adalah salah satu *module* di dalam radiator *group*.

Gambar 7.61

D6R *thermal bypass valve* (1) untuk *oil cooler* mengarahkan oli dari *oil cooler pump* ke tangki bila oli tidak akan mengalir melalui *cooler*. Tekanan oil *cooler circuit* dapat diperiksa pada *pressure tap* (2).

Gambar 7.62

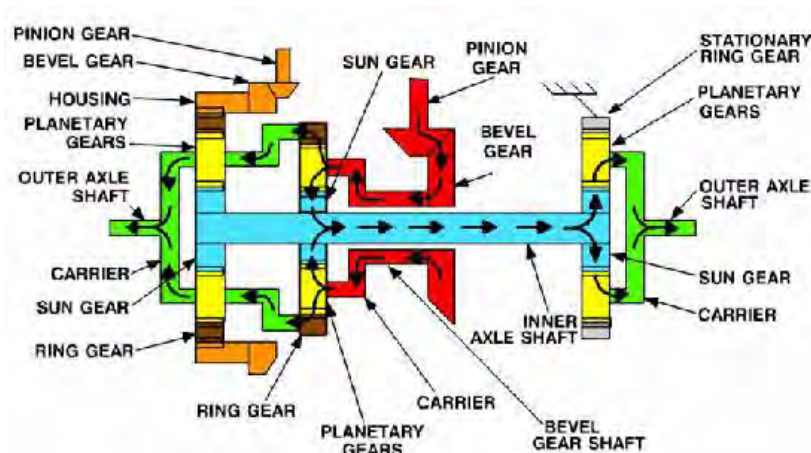
D6R *steering* dan *implement control valve group* terdapat di belakang *case drain filter* dan di atas fender kanan. Konfigurasi mesin menentukan konfigurasi *valve group*. *Control valve group* terdiri dari *inlet manifold* (2), *steering control valve* (3), *lift control valve* (4), *tilt control valve* (5), *ripper control valve* (jika ada), dan *end cover* (6). *Inlet manifold* mengandung *main relief valve* (tidak tampak), dan *charging valve* (1).

Relief valve dipasang di atas *pressure compensator setting*. *Main relief valve* hanya digunakan untuk membatasi kenaikan tekanan mendadak. *Charging valve* mencegah terjadinya peronggaan di dalam *cylinder* dengan membatasi aliran oli (*Oil Flow*) balik dari *cylinder*.

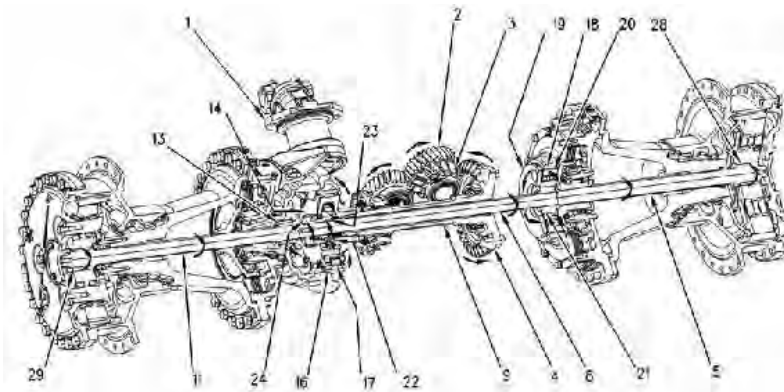
Tekanan oli di dalam *cylinder return oil passage* membuka *make-up valve* dan berfungsi sebagai oli isian untuk jaringan sinyal (*signal network*) bila tekanan sinyal hilang karena kondisi beban berlebihan.

Gambar 7.63

Pada saat operator menggerakkan tuas *steering*, *steering control valve* mengarahkan oli suplai ke *counter balance valve* (1). *Counterbalance valve* mencegah *fixed displacement steering motor* (2) dari "*overspeeding*" (kecepatan berlebihan). *Steering motor* menggerakkan *steering inputgear* (sudah dibahas sebelumnya).

Maju Lurus kedepan / *straight ahead*

Gambar 7.64 Skema aliran tenaga *steering system diferensial* dengan gerakan mesin lurus ke depan / *straight ahead*

Di dalam *steering differential*, *pinion gear* dan *bevel gear* berada dalam posisi *HOLD*. Tenaga dari *transmission* ditransfer melalui *pinion* ke *bevel gear*. *Bevel gear* mengirim tenaga melalui *bevel gear shaft* ke *carrier*. Tenaga melalui *carrier* dikirim dalam dua arah. Sebagian besar tenaga dikirim melalui *planetary gear* ke *ring gear*. Sisa tenaga yang lain ditransfer melalui *planetary gear* ke *sun gear*.

Ring gear mengirim tenaga melalui *carrier* ke batang (*Rod*) *axle* luar. *Sun gear* mengirim tenaga melalui batang (*Rod*) *axle* dalam ke *sun gear*. *Sun gear*, *planetary gear*, *carrier* dan *stationary ring gear* menggandakan tenaga. Komponen-komponen *power train* ini mengirim tenaga ke batang (*Rod*) *axle* luar.Tenaga yang mengarah ke kedua *axle* adalah sama. Kedua *axle* memiliki arah putaran yang sama. Mesin bergerak lurus ke depan / *straight ahead*.

Gambar 7.65 – Putaran komponen-komponen selama mesin bergerak lurus ke depan / *straight ahead*

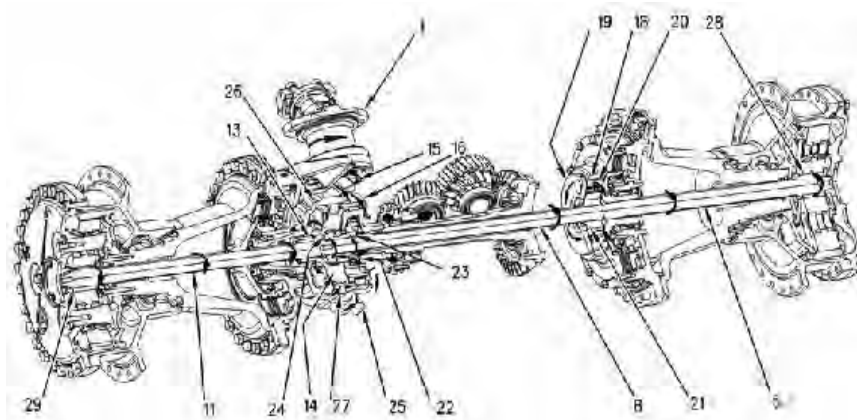
Keterangan gambar 7.65

1. *steering motor*
2. *transfer gears*
3. *pinion gear*
4. *bevel gear*
5. *batang (Rod) axle luar*
8. *batang (Rod) axle luar*
9. *bevel gear shaft*
11. *batang (Rod) axle luar*
13. *carrier*
14. *planetary gears (*tidak tampak*)*
16. *ring gear*
17. *carrier*
18. *stationary ring gear*
19. *carrier*
20. *planetary gears*
21. *sun gear*
22. *planetary gears*
23. *sun gear*
24. *sun gear*
27. *ring gear*
28. *final drive sun gear*
29. *final drive sun gear*

Belok kiri / *left turn* Secara Tajam

Gambar 7.66 – Aliran tenaga selama mesin dibelokkan ke kiri secara tajam.

Transmission sedang dalam berada dalam posisi NETRAL. Tenaga dari *steer motor* dikirim melalui *pinion gear* ke *bevel gear*. *Bevel gear* mengirim tenaga melalui *housing*, melalui *ring gear*, dan melalui *planetary gear* ke *carrier*. Tenaga melalui *carrier* dikirim dalam dua arah. Kondisi ini juga disebut sebagai *counter rotation* (putaran berlawanan).

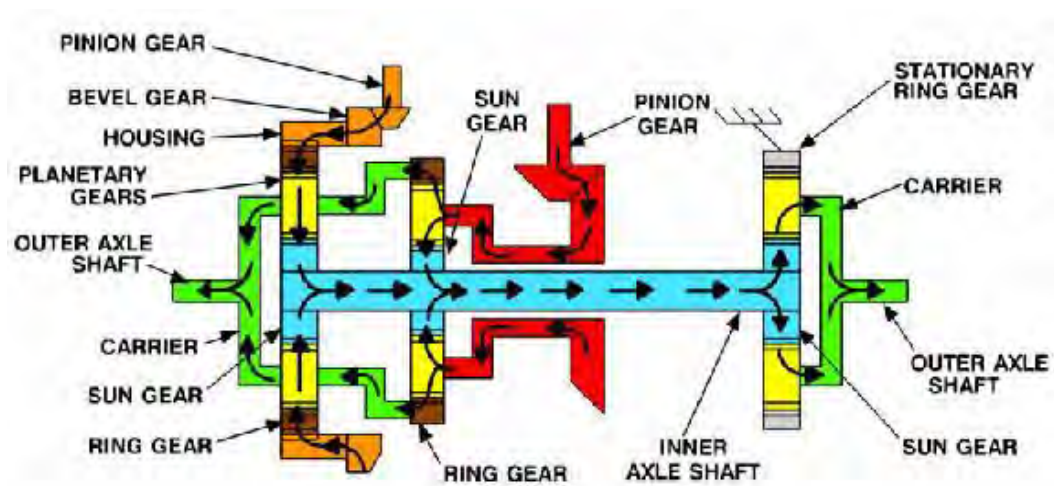
Separuh tenaga ditransfer melalui *planetary gear* ke *sun gear*. Sisa tenaga yang lain dikirim melalui batang (*Rod*) *axle* luar. *Sun gear* mengirim tenaga melalui batang (*Rod*) *axle* dalam ke *sun gear*. *Sun gear*, *planetary gear*, *carrier*, dan *stationary ring gear* menggandakan tenaga. Komponen-komponen *power train* ini mengirim tenaga ke batang (*Rod*) *axle* luar.Tenaga yang menuju ke kedua *axle* adalah sama. *Axle* memiliki arah putaran yang berlawanan. Mesin berputar ke arah yang berlawanan dengan arah gerakan jarum jam.

Gambar 7.67 – Putaran komponen-komponen selama belokan ke kiri secara tajam (transmisi dalam posisi NETRAL)

Keterangan gambar 7.67

1. *steering motor*
5. batang *(Rod) axle* luar
8. batang *(Rod) axle* dalam
11. batang *(Rod) axle* luar
13. *carrier*
14. *planetary gears* (tidak tampak)
15. *pinion gear*
16. *ring gear*
18. *stationary ring gear*
19. *carrier*
20. *planetary gears*
21. *sun gear*
22. *planetary gears*
23. *sun gear*
24. *sun gear*
25. *bevel gear*
26. *housing*
27. *ring gear*
28. *final drive sun gear*
29. *final drive sun gear*

CATATAN:

Putaran berlawanan (*counter rotation*) hanya dapat terjadi bila transmisi berada dalam posisi netral.

Belok kiri / *left turn* Secara Perlahan

Gambar 7.68 – Skema aliran tenaga *steering system diferensial* untuk belok kiri / *left turn* secara perlahan

Tenaga dari *steering motor* dan dari transmisi dapat bekerja bersama pada *steering system diferensial*. Input tenaga dari transmisi mengalir melalui sistem secara normal. Input tenaga melalui *steering motor* ditransfer melalui sistem ke satu *axle* luar.

Tenaga yang menuju ke satu *axle* lebih besar. Kecepatan batang (*Rod*) *axle* (*axleshaft*) tersebut meningkat. Kecepatan *axle* yang lain berkurang. Tenaga yang menuju ke satu *axle* lebih besar. Kecepatan batang (*Rod*) *axle* tersebut bertambah. Kecepatan batang (*Rod*) *axle* yang lain berkurang.
Besarnya tenaga yang menuju ke batang (*Rod*) *axle* dikontrolkan oleh transmisi. Kecepatan putar batang (*Rod*) *axle* dikontrolkan oleh transmisi. *Steering motor* mengendalikan perbedaan kecepatan antara batang (*Rod*) *axle*. Putaran motor *steering* dan *pinion gear* (15) mengendalikan arah belokan. Baca Tabel 6.

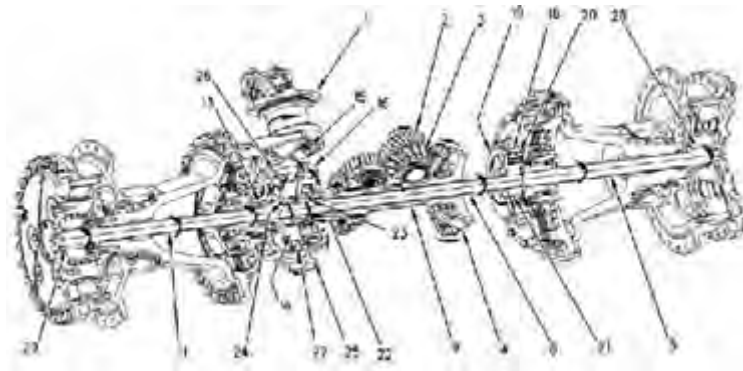
Kecepatan *motor steering* dan *pinion gear* (15) menentukan kecepatan belok. Jika motor *steering* lebih cepat, maka belokan yang dihasilkan akan lebih tajam.

Tabel 7.1

	Belok kiri / *left turn* Saat Bergerak Maju	**Belok kiri / *left turn* Saat Bergerak Mundur**	**Belok kanan / *right turn* Saat Bergerak Maju**	**Belok kanan / *right turn* Saat Bergerak Mundur**
Putaran *steering motor* dan *pinion gear* (3)[1]	Searah dengan jarum jam	Berlawanan dengan jarum jam	Berlawanan dengan jarum jam	Searah dengan jarum jam
Putaran *pinion gear* (25) dari *transmission*	Searah dengan jarum jam	Berlawanan dengan jarum jam	Searah dengan jarum jam	Berlawanan dengan jarum jam
Posisi *Tiller*	Maju	Mundur	Mundur	Maju

CATATAN:

[1] Hasil pengamatan putaran dari ujung penggerak (*driveend*) *shaft*.

Mesin berbelok secara perlahan ke kiri

Gambar 7.69 Putaran komponen-komponen selama belok kiri / *left turn* secara perlahan dan selama bergerak maju

Keterangan Gambar 7.69

1. *steering motor*
2. *transfer gears*
3. *pinion gear*

14. *Planetary gears* (tidak diperlihatkan)
15. *Pinion gear*

23. *sun gear*
24. *sun gear*
25. *bevel gear*

4. *bevel gear*
5. batang *(Rod) axle* luar
8. batang *(Rod) axle* dalam
9. *bevel gear shaft*
11. *outer axle shaft*
13. *carrier*
16. *ring gear*
18. *stationary ring gear*
19. *carrier*
20. *planetary gears*
21. *sun gear*
22. *planetary gears*
26. *housing*
27. *ring gear*
28. *final drive sun gear*
29. *final drive sun gear*

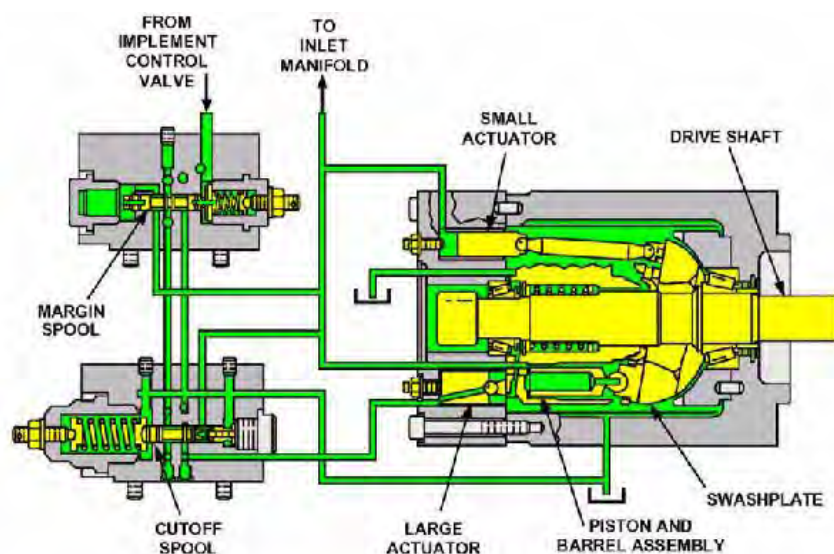
Pinion gear (15) untuk *steering* dan *pinion gear* (3) untuk kecepatan berputar dalam arah yang sama. Tenaga yang menuju ke arah *pinion gear* (15) ditransfer melalui *bevel gear* (25) dan melalui *housing* (26) ke *ring gear* (27). *Ring gear* (27) mengirim tenaga melalui *planetary gear* ke *sun gear* (24). *Sun gear* (24) mengirim tenaga ke batang (*Rod*) *axle* dalam (8) (*batang* (*Rod*) as pusat). Tenaga ini menambah tenaga yang menuju ke *sun gear* (23).

Tenaga gabungan melalui batang (*Rod*) *axle* dalam (8) ditransfer ke *sun gear* (21). *Sun gear* (21), *planetary gear* (20), *carrier* (19), dan *stationary ring gear* (18) menggandakan tenaga. Tenaga ini dikirim ke batang (*Rod*) *axle* luar (5). Batang (*Rod*) *axle* luar(5) meningkatkan kecepatan. Batang (*Rod*) *axle* luar(11) mengurangi kecepatan secara proporsional.
Tenaga yang menuju *sun gear* (24) menambah tenaga yang menuju *sun gear* (23). Penambahan tenaga ini meningkatkan kecepatan *sun gear*. Bila kecepaan *sun gear* (23) meningkat, kecepatan *ring gear* (16) akan berkurang. Berkurangnya kecepatan *ring gear* (16) mengurangi kecepatan *carrier*. Kecepatan batang (*Rod*) *axle* luar(11) berkurang. Batang (*Rod*) *axle* luar (5) berputar lebih cepat. Karena perbedaan kecepatan, mesin berbelok ke kiri.

Mesin berbelok ke kanan secara perlahan

Pinion gear (15) untuk *steering* dan *pinion gear* (3) untuk kecepatan berputar dalam arah yang berlawanan. Tenaga yang menuju *pinion gear* (15) dikirim melalui *bevel gear* (25) dan melalui *housing* (26) ke *ring gear* (27). *Ring gear* (27) mengirim tenaga melalui *planetary gear* ke *carrier* (13). Tenaga ini menambah tenaga melalui *ring gear* (16) ke *carrier*.

Gabungan tenaga tersebut dikirim melalui *carrier* (13) ke batang (*Rod*) *axle* luar(11). *Carrier* (13), *ring gear* (16), dan batang (*Rod*) *axle* luar(11) meningkatkan kecepatan. Bila kecepatan *ring gear* (16) bertambah, kecepatan *sun gear* (23) akan berkurang. Bila *sun gear* (23) mengurangi kecepatan, *inner axle shaft* (8), *sun gear* (21), *carrier* (19), dan batang (*Rod*) *axle* luar (5) mengurangi kecepatan. Batang (*Rod*) *axle* luar (11) berputar lebih cepat. Karena perbedaan kecepatan tersebut, mesin berbelok ke kanan.

Operation Control

Gambar 7.70

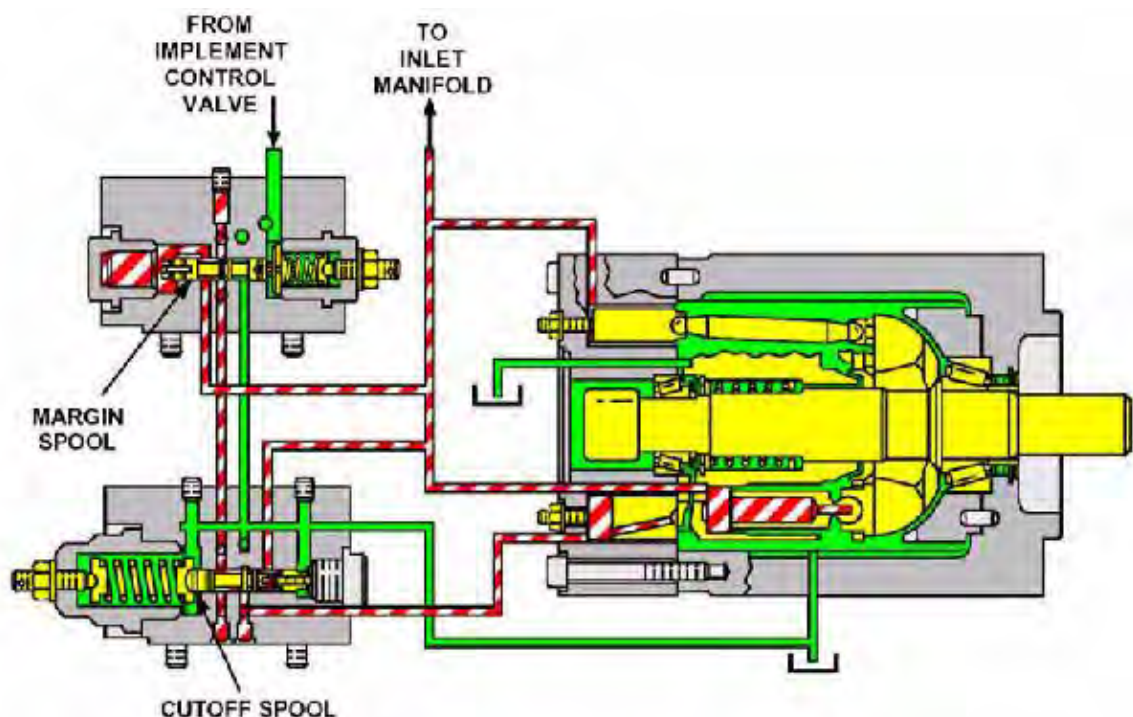
Pompa (*Pump*) pada *differensial steer machine* mirip dengan operasi pompa pada D6R standar (Gambar 7.70). Sebelum menghidupkan *engine*, *actuator rod* dan *spring* menahan *pump swashplate* pada sudut maksimum. (*actuator rod* dan *spring* terdapat di belakang *actuator* piston kecil dan tidak diperlihatkan di dalam gambar).

Pada saat *pump* mulai berputar, oli mengalir ke *inlet manifold* di dalam *valve sack*, ujung kiri *actuator* piston kecil, ujung kiri margin *spool*, dan piston *chamber* di dalam ujung kanan *cut-off spool*.

Dengan semua *control valve spool* dalam posisi *HOLD*, aliran pompa yang menuju ke inlet *manifold* mengalir melalui inlet *passage* (lubang saluran masuk) di dalam control *valve* menuju *end cover*. *End cover* memblokir oli.

CATATAN:

Pompa yang diperlihatkan di dalam Gambar 7.70 adalah untuk *differential steer* D7R. Pompa D6R berbeda penampilannya, tapi memiliki pengoperasian yang sama.

***Low Pressure Standby* (Siaga Tekanan Rendah)**

Gambar 7.71

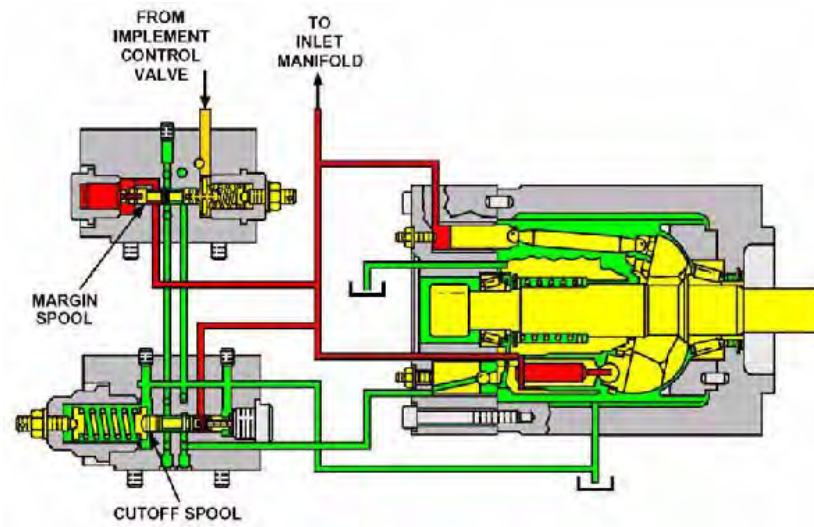
Pada saat tekanan suplai meningkat mencapai kira-kira 2100 kPa (305 psi), tekanan pada ujung kiri *margin spool* (di dalam *compensator valve*) menggerakkan *spool* sedikit ke kanan melawan gaya *spring* (*spring*) (Gambar 7.71).

Menggerakkan *margin spool* membuat oli suplai mengalir di seputar *spool*, melalui *cut-off spool*, dan masuk ke ujung kiri *actuator* piston *chamber* besar. Pada saat tekanan pada *actuator* piston besar meningkat untuk mengatasi gabungan gaya bias *spring* dan tekanan di dalam *actuator* piston *chamber* kecil, *actuator* piston besar menggerakkan *swashplate* ke sudut yang lebih kecil.

Pada sudut minimum, *pump* akan menghasilkan hanya cukup aliran untuk mengganti oli yang bocor dari sistem pada suatu tekanan untuk memastikan *respons* yang cepat bila suatu implemen diaktuasi/digerakkan.

Dalam posisi siaga tekanan rendah (*LOW PRESSURE STANDBY*), semua implement *control valve* berada dalam posisi *HOLD* dan jaringan sinyal menjadikan oli sinyal untuk mengalir keluar.
Kondisi *LOW PRESSURE STANDBY* memastikan bahwa oli bertekanan selalu tersedia pada *control spool*. Fitur ini memberikan respon yang cepat pada *steer* motor atau *implement* bila operator menggerakkan sebuah *control valve* lepas dari posisi *HOLD*.

CATATAN:
LOW PRESSURE STANDBY lebih tinggi dari tekanan *margin* karena tekanan balik yang lebih tinggi. Oli akan terblokir pada *center valve* yang tertutup bila semua *valve* berada dalam posisi *HOLD*. Selama kondisi *LOW PRESSURE STANDBY*, oli suplai mendorong *margin spool* lebih jauh ke kanan untuk menekan *margin spring*.

Upstroke

Gambar 7.72

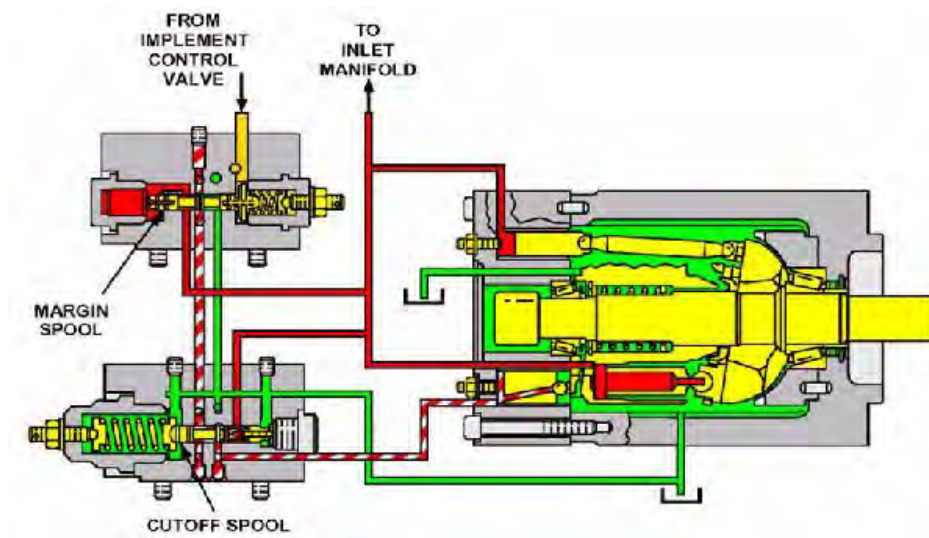
Selama pengoperasian, pompa akan menjaga tekanan suplai pada 2100 kPa (305 psi) lebih tinggi dari tekanan sinyal. Perbedaan antara tekanan suplai dan tekanan sinyal disebut sebagai “tekanan *margin*”. Jika kebutuhan sistem meningkat (karena meningkatnya aliran), *pump* akan melakukan *UPSTROKE* untuk menjaga tekanan *margin* (Gambar 7.72).

Bila sebuah *implement* membutuhkan aliran, *resolver network* memberikan sinyal kepada *pump control valve*. Sinyal ini menyebabkan gaya (*spring margin* ditambah dengan tekanan sinyal) pada ujung kanan *margin spool* menjadi lebih besar dari tekanan suplai pada ujung kiri *spool*. Tekanan yang lebih besar ini menyebabkan *margin spool* bergerak ke kiri untuk mengurangi atau memblokir aliran oli (*Oil Flow*) yang menuju ke *actuator* besar.

Pada saat yang sama *spool* mengeluarkan oli *actuator* besar ke tangki. Mengurangi atau memblokir aliran oli (*Oil Flow*) yang menuju ke *actuator* besar akan mengurangi atau menghilangkan tekanan yang bekerja pada *actuator* piston besar.

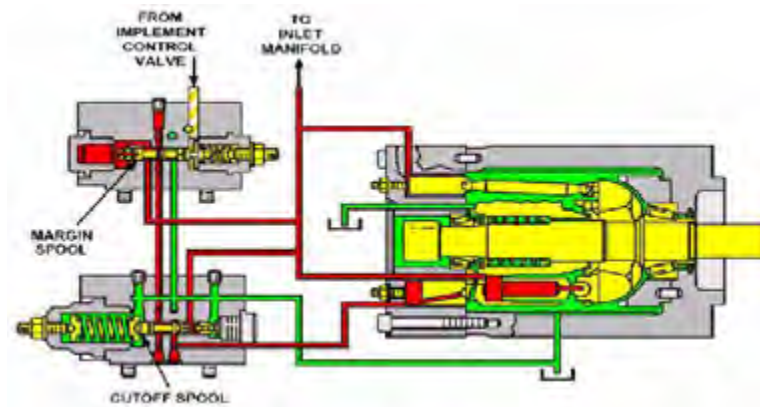
Bila tekanan di dalam *actuator* piston besar berkurang, bias *spring* dan piston kecil menggerakkan *swashplate* ke suatu sudut yang lebih besar, yang

menyebabkan pompa melakukan *UPSTROKE* (menghasilkan lebih banyak aliran).

Aliran konstan

Gambar 7.73

Jika tekanan suplai meningkat, tekanan pada ujung kiri *margin spool* akan meningkat. Bila tekanan suplai mencapai kira-kira 2100 kPa (305 psi) lebih tinggi dari tekanan sinyal, *margin spool* akan bergerak sedikit ke kanan dan membiarkan oli kembali mengalir ke *actuator* piston besar.

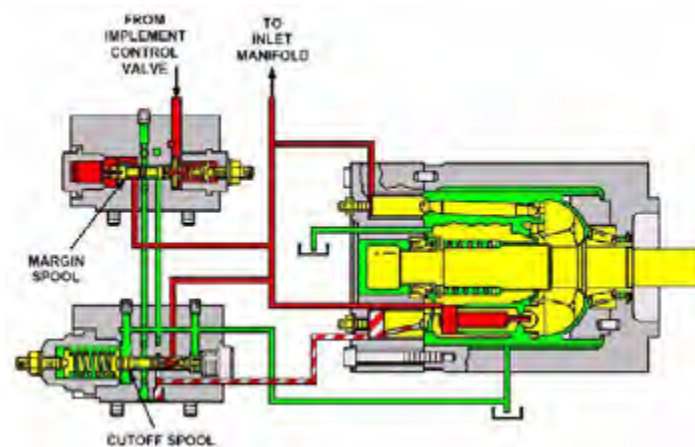
Kondisi ini akan membatasi gerakan tambahan *swashplate*. Selama kebutuhan aliran tetap konstan, *margin spool* akan tetap dalam posisi metering dan menjaga aliran konstan yang menuju ke *steer* motor atau *implement* (Gambar 7.73).

Destroke

Gambar 7.74

Kondisi yang dibutuhkan untuk MEN-*DESTROKE* pompa (*pump*) (Gambar 7.74) pada dasarnya berlawanan dengan kondisi yang dibutuhkan untuk *UPSTROKE*. *Pump* akan melakukan *DESTROKE* bila sistem membutuhkan lebih sedikit aliran.

Pada saat gaya pada ujung kiri *margin spool* menjadi lebih besar dari gaya pada ujung kanan, *margin spool* bergerak ke kanan dan membiarkan lebih banyak aliran menuju *actuator* piston, yang menyebabkan tekanan di dalam *actuator* piston besar bertambah. Tekanan yang bertambah di dalam *actuator* piston besar ini melebihi gabungan gaya *actuator* kecil dan bias *spring* dan menggerakkan *swashplate* ke sudut yang lebih kecil.

Pada saat aliran *pump* berkurang, tekanan suplai juga berkurang. Bila tekanan suplai berkurang dan menjadi sama dengan jumlah tekanan sinyal ditambah dengan tekanan *margin*, maka *margin spool* akan bergerak ke posisi metering dan sistem akan stabil. Bila operator mengembalikan tuas pengendalian ke posisi *HOLD*, tekanan sinyal akan turun sampai nol. *Pump* akan melakukan *destroke* menuju kondisi *LOW PRESSURE STANDBY*.

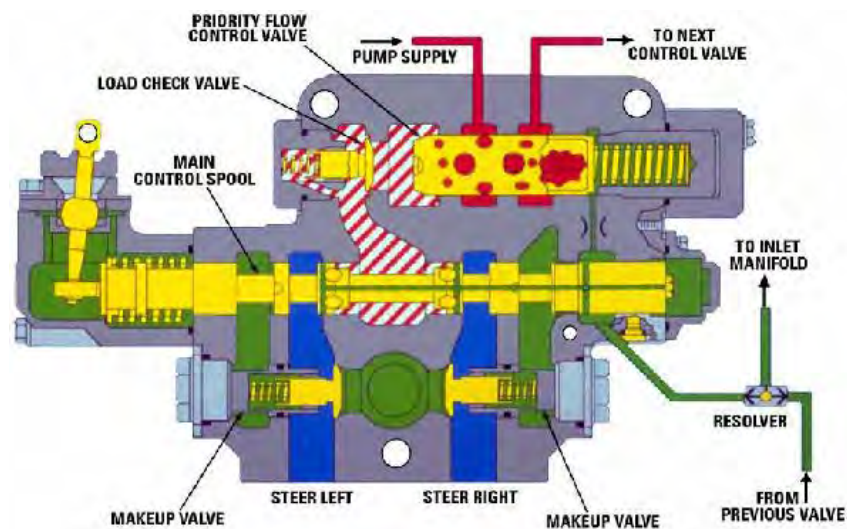
High Pressure Stall **(*High Pressure Stall*)**

Gambar 7.75

Selama kondisi *HIGH PRESSURE STALL* (Gambar 7.75), tekanan sinyal sama dengan tekanan suplai. Gabungan tekanan sinyal dan *margin spring* mendorong *margin spool* ke kiri. Menggerakkan *margin spool* ke kiri biasanya akan mengeluarkan oli keluar dari *actuator* piston besar dan menyebabkan pompa melakukan *upstroke*. Namun, selama *HIGH PRESSURE STALL (high pressure stall*), tekanan di bawah *cut-off spool* akan lebih tinggi dari gaya *pressure compensator spring* dan menggerakkan *cut-off spool* ke kiri.
Mengerakkan *cut-off spool* ke kiri akan memblokir oli di dalam *actuator* piston besar, sehingga tidak bergerak masuk kedalam lubang saluran buang (*drain passage*) dan masih membiarkan oli suplai mengalir ke *actuator* besar. Tekanan yang meningkat di dalam *actuator* besar memungkinkan *actuator* besar untuk mengalahkan gaya gabungan *actuator* kecil dan bias *spring* untuk men-*destroke* pompa (*pump*). Pada tahap ini, *pump* akan berada pada aliran minimum dan tekanan suplai akan maksimum.

HIGH PRESSURE STALL terjadi bila sirkuit *steering* diberi beban ekstrim. Satu contoh untuk kondisi ini terjadi bila operator menginjak *brake* kakipada saat melakukan belokan. Ketika mengoperasikan satu instrumen (*implement*) lain dengan *steering* dalam keadaan diam (*stall*), pompa akan melakukan *UPSTROKE* untuk menghasilkan aliran untuk memenuhi kebutuhan *implement*

lain yang beroperasi pada tekanan *work port* yang lebih rendah. Semua *implement valve* yang digunakan di dalam *steering system diferensial* memiliki *signal-limiting valve* (katup pembatas sinyal) untuk mencegah masuknya tekanan *steering* tinggi ke dalam *implement circuit*.

Pengoperasian Sirkuit *Steering* (*Steering Circuit*)

Steering Control Valve Hold

Gambar 7.76

Directional control spool (Gambar 7.76) di dalam *steer section* memiliki tiga posisi *LEFT TURN* (BELOK KIRI / *LEFT TURN*), *HOLD* (TAHAN), dan *RIGHT TURN* (BELOK KANAN / *RIGHT TURN*). Pada tampak gambar ini, *directional control spool* berada dalam posisi *HOLD*.

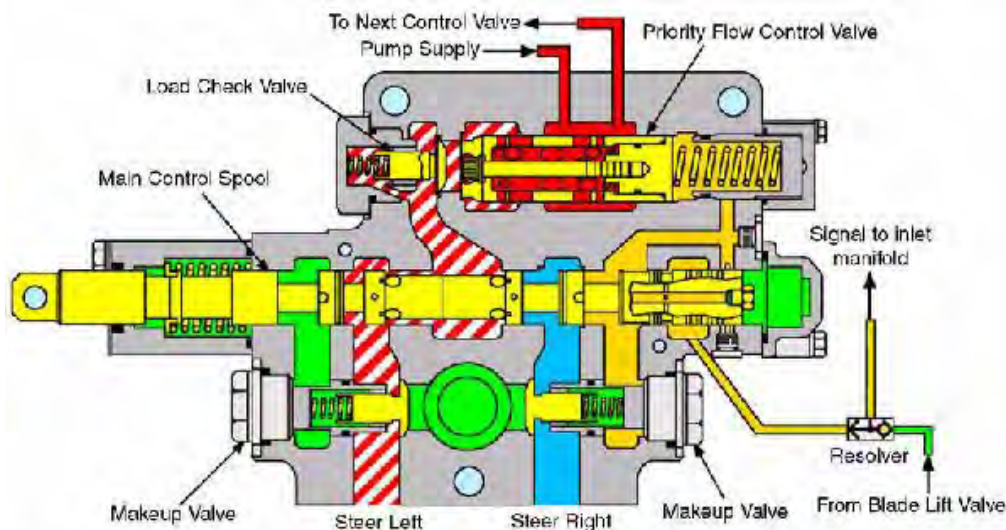
Dengan *engine* dalam keadaan tidak hidup, *spring* yang terdapat di belakang *priority flow control valve* menahan *flow control valve* ke kiri. Bila operator menghidupkan mesin, *pump* mengirim oli melalui inlet *manifold* ke *priority flow control valve*. Oli mengalir keluar dari lubang-lubang pada ujung kiri *flow control valve*, membuka *load check valve*, dan mengisi *chamber* di seputar pusat *directional control spool*.

Tekanan yang meningkat di dalam *chamber* pada sisi kanan *load check valve* mendorong *priority flow control valve* ke kanan melawan gaya *spring*.

Menggerakkan *flow control valve* ke kanan akan menutup *throttling holes* pada ujung kiri *valve spool* dan membiarkan oli mengalir ke komponen-komponen yang lain di dalam sistem melalui lubang-lubang yang terdapat di dekat ujung kanan *valve spool*. Dalam posisi *HOLD*, tekanan pada *main control spool* sama dengan tekanan pada *priority flow control valve spring*.

Priority control valve memastikan bahwa kebutuhan sirkuit *steering* akan aliran dan tekanan dipenuhi sebelum aliran tersedia bagi *valve-valve* yang lain. *Priority valve* dirancang untuk membiarkan sebagian aliran selalu tersedia bagi sirkuit-sirkuit lain. Rancangan ini membuat operator dapat menggerakkan dan mengoperasikan *blade* secara bersamaan.

Selama semua kondisi *steering*, *priority flow control valve* memastikan bahwa aliran pompa minimum yang ditetapkan selalu tersedia untuk pengoperasian *steer* motor.

Belok kiri / *left turn*

Gambar 7.77

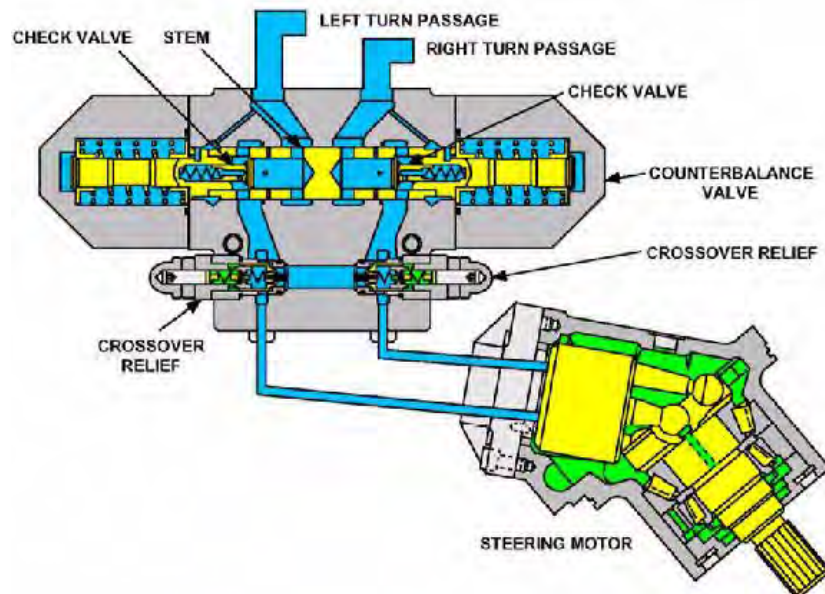
Gambar 7.77 memperlihatkan *steering control valve* dalam posisi *LEFT TURN* (belok kiri / *left turn*). Gerakan *directional control spool* membiarkan oli mengalir dari *work port* ke *steer circuit*.Oli pada tekanan *work port* atau pada oli tekanan 345 kPa (50 psi) di dalam lubang saluran suplai (*supply passage*) memasuki

lubang yang dibor silang yang mengarah ke *center axial passage* dan menjadi oli sinyal. Sinyal tersebut dikirim melalui *resolver network* ke pompa. Pompa meningkatkan aliran untuk memenuhi kebutuhan sirkuit *steering* akan aliran. *Check valve* tetap duduk hingga tekanan suplai melebihi tekanan *work port*.
Sinyal mencapai *pump* dan *priority flow control valve spring chamber* secara bersamaan. Oli di dalam *center passage* di dalam *main control spool* mengalir melalui sebuah *orifice* sebelum mengisi *spring chamber*.

Tekanan sinyal di dalam *priority control valve spring chamber* bekerja bersama dengan gaya *spring* untuk menggerakkan *priority control valve spool* ke kiri. Gerakan ini membiarkan aliran yang dibutuhkan untuk mencapai sirkuit *steering* sambil membatasi jumlah aliran ke *control valve* yang lain. Bila tekanan sinyal ditambah dengan gaya *spring* menggerakkan *priority flow control valve* ke kiri, bukaan-bukaan lubang di dekat ujung kiri *spool* membesar sehingga lebih banyak oli yang dapat mengalir ke *work port*, sedangkan lubang-lubang didekat ujung kanan *priority flow control spool* menutup.

Setelah kebutuhan aliran sirkuit *steering* dipenuhi, tekanan meningkat pada ujung kiri *priority valve spool* dan *valve* bergerak kembali ke kanan. *Priority valve* menjaga perbedaan tekanan maksimum di *steering control spool* sama dengan *priority spool spring*. Kelebihan aliran dari *pump* pada tahap ini tersedia untuk *valve*-*valve* yang lain.

Selama kondisi *steer* yang diperlihatkan, hubungan tetap terbentuk antara berbagai tekanan di dalam *circuit* untuk jarak *steering tiller* tertentu dan gerakan *directional control spool*. Hubungan ini menjaga kecepatan putar (rpm) *steermotor* yang konstan untuk semua kondisi beban selama jarak gerakan *steering tiller* tetap. Tekanan suplai selalu dijaga pada nilai tetap (*margin*) di atas tekanan sinyal. *Priority flow control valve* menjaga perbedaan tekanan tetap di *directional control spool* yang sama dengan nilai *priority flow control spring*.

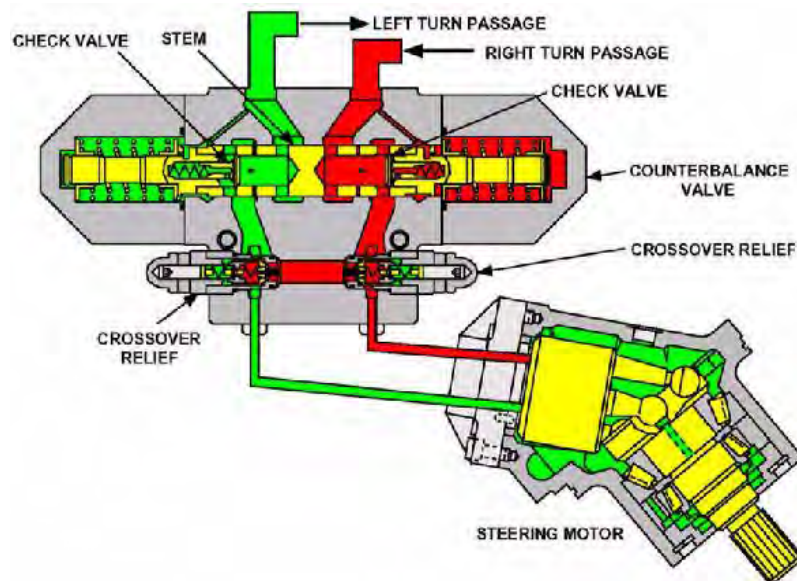
Pengoperasian Lurus

Gambar 7.78

Gambar 7.78 memperlihatkan *counter balance valve* dan *steer* motor selama PENGOPERASIAN LURUS (*STRAIGHT LINE OPERATION*). Selama PENGOPERASIAN LURUS, *control spool* di dalam *steering control valve* memblokir oli di dalam sirkuit *steering*. *Counterbalance spool* tetap berada di tengah-tengah dan motor *steering* dikunci secara *hydraulic*.

Selama PENGOPERASIAN LURUS, *driveline* mengirimkan gaya-gaya eksternal yang menuju ke *differential steer planetary* dan gaya-gaya tersebut berusaha menggerakkan *motor steering*. Sambil berusaha menggerakkan *motor steering*, gaya-gaya eksternal tersebut menciptakan kenaikan tekanan di dalam satu sisi *loop* antara motor dan *counterbalance valve*.
Bagian samping *loop* yang merasakan kenaikan tekanan tergantung dari arah kemana gaya tersebut berupaya mendorong motor. Jika kenaikan tekanan cukup tinggi, *crossover relief valve* di dalam sisi *loop* yang terkena pengaruh akan membuka.

Bagian *dump* pada *valve* (area luas) akan membiarkan sebagian dari oli bertekanan tinggi untuk membuka *poppet* (area kecil) di dalam relief *valve* di

seberangnya. *Crossover relief valve* mengirimkan sebagian oli bertekanan tinggi ke dalam sisi yang bertekanan rendah pada *loop* sehingga mengurangi kenaikan tekanan. *Crossover relief valve* membuka pada tekanan sekitar 41500 kPa (6000 psi).

Belok kanan / *right turn*

Gambar 7.79

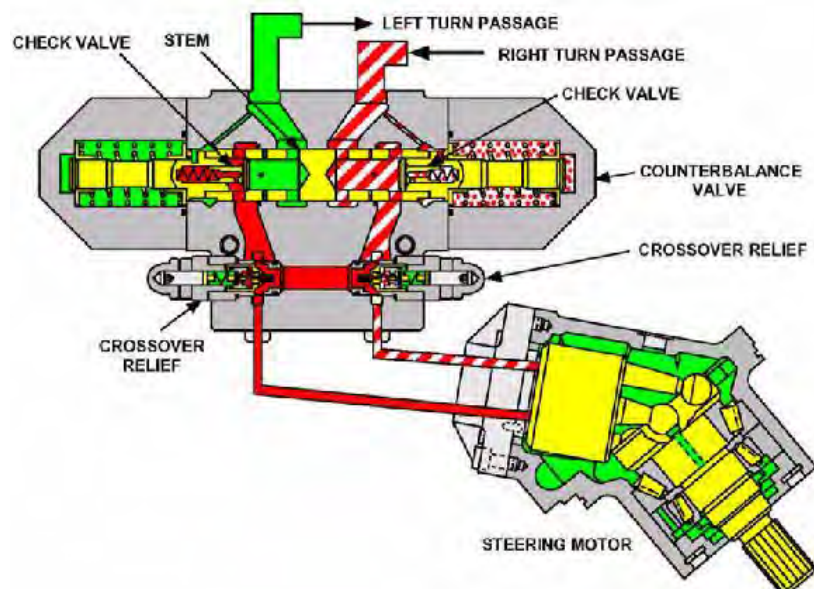
Gambar 7.79 memperlihatkan *counterbalance valve* dan *motor steering* selama BELOK KANAN / *RIGHT TURN* (*RIGHT TURN*). Bila operator menggerakkan tuas *steering* ke posisi BELOK KANAN / *RIGHT TURN*, *steering control valve* mengarahkan oli ke *counterbalance valve*. Aliran oli (*Oil Flow*) memasuki *counterbalance valve* dan mengisi *center chamber* kanan di dalam stem.

Pada saat yang sama, oli juga memasuki lubang saluran kecil di sebelah kanan inlet (mengalir melalui sebuah *orifice*, dan mengisi *spring chamber* pada ujung kanan stem. Oli di dalam *center chamber* kanan di dalam *stem* membuka *check valve*, mengalir di seputar *crossover relief valve* kanan, dan memasuki motor inlet *port*. Pada saat motor mulai berputar, oli balik dari motor outlet *port* mengalir di seputar *crossover relief valve* kiri ke *stem* dimana oli diblokir sementara. Oli yang diblokir ini menyebabkan kenaikan suplai yang cepat.

Bila oli suplai mencapai tekanan sekitar 7000 kPa (1015 psi), *stem* bergeser ke kiri dan membuka lubang-lubang kecil yang dibor silang pada sisi kanan *check*

valve kiri sehingga membiarkan aliran balik dari motor mengalir ke *return port* di dalam *steering control valve*.

Crossover relief valve bekerja bila *dump section* pada *valve* mendeteksi tekanan tinggi. *Dump valve* membuka dan membiarkan oli suplai bertekanan mencapai *poppet* di dalam sisi balik *crossover relief valve*. Jika kenaikan tekanan melebihi 41.500 kPa (6000 psi), *crossover relief* kiri membuka dan membiarkan oli suplai bertekanan mengalir langsung ke sisi balik *loop*.

Overspeed (kelebihan kecepatan)

Gambar 7.80

Kadang-kadang, suatu kondisi seperti membelokkan kendaraan ketika bergerak menuruni lereng akan membuat kecepatan berlebihan pada *motor steering*. Kecepatan berlebihan (*overspeeding*) motor ini dapat menimbulkan peronggaan (kavitasi) di dalam motor dan menyebabkan operator kehilangan kontrol pada *steering*.

Counterbalance valve (Gambar 7.80) mencegah terjadinya kondisi ini. Pada saat *driveline* akan memutar motor pada kecepatan yang berlebihan, tekanan suplai berkurang dengan cepat. Tekanan di dalam *spring chamber* pada ujung kanan stem juga turun.

Bila tekanan di dalam sisi suplai *loop* turun dibawah 7000 kPa (1015 psi), *stem* akan bergeser ke kanan dan memblokir aliran oli (*Oil Flow*) balik. Pemblokiran oli balik ini menimbulkan tekanan balik yang tinggi pada motor, yang cenderung membatasi kecepatan motor.

Bila tekanan balik melebihi 41.500 kPa (6000 psi), *crossover relief valve* kiri membuka dan mengirim oli balik langsung ke sisi suplai untuk mencegah peronggaan (kavitasi) motor. Untuk kondisi *overspeed* (kecepatan berlebihan) yang parah, *make-up valve* di dalam *steering control valve* juga membuka dan memberikan oli tambahan ke sisi suplai pada *loop*.

DD. Rangkuman

1. **Cara kerja mengemudi dengan *track* rancangan lama (konvensioanal)**

   Pada rancangan-rancangan awal, traktor jenis *track* digerakkan dengan menggunakan dua tuas tangan (*hand lever*) satu untuk kiri dan satu untuk kanan, yang melepas *steering clutch*. *Brake* diaktifkan dengan pedal, yang kiri mengaktifkan *brake* untuk *track* kiri dan yang kanan mengaktifkan *brake* untuk *track* sebelah kanan. Dengan sistem ini, tuas *steering* dan pedal dihubungkan ke *clutch* dan *brake* dengan menggunakan sebuah penghubung mekanis (*mechanical linkage*) yang terdiri dari sejumlah *rod*, *lever* dan *spring*. Pertimbangan rancangan utamanya adalah mengurangi tenaga yang dibutuhkan oleh operator sebanyak mungkin.

2. **Cara kerja mengemudi dengan *track* jenis moduler**

   Jenis *elevated sprocket tractor* dewasa ini yang dibuat oleh Caterpillar adalah dengan konstruksi moduler. Yaitu, berbagai komponen utama dapat dilepas dari mesin secara lebih mudah. Untuk melepas *steering clutch* dan *brake module*, *track* perlu dilepas dan dapat dilepas bersama dengan *final drive module*, atau setelah *final drive module* dilepaskan terlebih dahulu. Untuk pengoperasian mesin lurus kedepan / *straight ahead*, *steering clutch* diaktifkan dan *brake* dilepas, dan tenaga ditransmisi ke output *hub* dan *outer drive shaft*. *Outer drive shaft* menggerakkan *sun gear* pada tingkat pertama *final drive*. Bila harus belok, *steering clutch* dilepas; oleh karena itu tenaga tidak ditransmisi ke *output shaft*. Daya belokan dapat dikontrolkan oleh operator dengan gaya yang digunakan pada *steering clutch lever*. Besarnya gerakan *steering lever* memodulasi tekanan oli ke *steering clutch*, yang menyebabkan *steering clutch* selip sehingga mengurangi tenaga ke satu sisi *tractor*. Daya *steering* lebih lanjut dapat diperoleh dengan mengakifkan *brake*. Ketika *brake* diaktifkan, *output hub* dihubungkan ke *stationary brake housing*. Ini menghentikan putaran batang (*Rod*) *axle* luar dan gerakan *track*.

3. Cara kerja mengemudi dengan *track* jenis yang dikontrol dengan hidrolik

Di dalam sistem pengendalian *hydraulic* penuh (*full hydraulic control*), *steering clutch* dilepas secara *hydraulic*. Oli bertekanan masuk ke dalam steeriing *clutch hub* melalui sebuah *port* dan menekan sebuah piston. Oli bertekanan ini bekerja/beraksi pada piston untuk *disengagedclutch assembly*.

4. Cara kerja mengemudi dengan *track* jenis *steering differential*.

Steering differential terdiri dari dua *planetary gear train*, sebuah *bevel gear* set, dan satu set *brake*. Komponen-komponen berikut ini dihubungkan secara mekanis dengan *steering differential*: *bevel gear* set transmisi, *planetary gear train* dan *brake*.

Planetary gear, *bevel gear*, dan *brake* dihubungkan oleh komponen-komponen di dalam *power train*. Batang (*Rod*) *axle* luar, sebuah batang (*Rod*) *axle* dalam dan *bevel gear shaft* pada transmisi menghubungkan komponen-komponen *power train* ini. Tenaga ditransmisi dari *steering differential* dan *equalizing planetary* sisi kanan, melalui batang (*Rod*) *axle* luar, dan ke *final drive*.

EE. Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini dengan jelas dan benar.

1. Jelaskan cara kerja mengemudi dengan *track* rancangan lama (konvensioanal)!
2. Jelaskan cara kerja mengemudi dengan *track* jenis moduler
3. Jelaskan cara kerja mengemudi dengan *track* jenis yang dikontrol dengan hidrolik
4. Jelaskan cara kerja mengemudi dengan *track* jenis *steering differential*.

BAB 8 Penyetelan Sistem kemudi dan Poros Roda

FF. Deskripsi

Pembelajaran memahami Penyetelan Sistem kemudi dan poros roda adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran *Power Train* dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Penyetelan sistem kemudi dan poros roda yang didalamnya akan dibahas mengenai:

A. Komponen-komponen sistem kemudi dan poros roda
B. Fungsi dan cara kerja sistem kemudi dan poros roda
C. Cara menyetel sistem kemudi dan poros roda
D. Prosedur penyetelan sistem kemudi dan poros roda

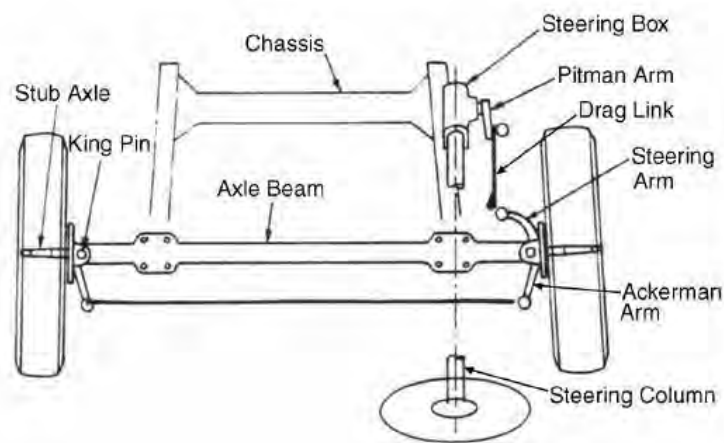
GG. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembelajaran pada bab VIII ini diharapkan siswa dapat:

1. Menerangkan komponen-komponen pada sistem kemudi dan poros roda
2. Menejelaskan fungsi dan cara kerja komponen-komponen sistem kemudi
3. Menjelaskan Cara penyetelan sistem kemudi dan poros roda
4. Menerangkan prosedur penyetelan sistem kemudi dan poros roda.

HH. Uraian Materi

Penyetelan Sistem Kemudi Dan Poros Roda

Komponen-komponen sistem kemudi

Gambar 8.1

Komponen-komponen penting yang membentuk *steering system* (sistem kemudi) adalah *Steering wheel* (roda kemudi), *steering colum*, *steering shaft*, *steering gear*, *Pitman arm*, *drag link*, *steering arm*, *ball joint*, dan *tie-rodassembly* (Gambar 8.1). *Steering Wheel* (roda kemudi).

Ini adalah penghubung pengemudi dengan seluruh sistem. Roda *steering* (kemudi) terbentuk dari batang baja kuat yang dibentuk menjadi jari-jari roda (*wheel spoke*) yang membentang dari roda ke *wheel hub*, yang dipasang dengan kuat pada bagian atas *steering column*. Rangkaian roda tersebut ditutupi dengan karet atau plastik.

Steering column mentransfer input yang diberikan pengemudi ke *steering gear*. Dengan kata lain, tenaga yang diberikan pengemudi pada *rim* menjadi *torque* (torsi) di dalam *steering shaft*. Semakin besar diameter roda *steering* (kemudi), semakin besar *torque* (torsi) yang ditimbulkan dari besaran tenaga yang sama yang diberikan oleh pengemudi. Sebuah *turn signal switch* (saklar sinyal belok)

biasanya dijepit tepat di bawah roda *steering* (kemudi), pada ke sebelah kiri *steering column*.

Steering Column

Komponen-komponen utama rangkaian *steering column* adalah *jacket*, sejumlah rangkaian *bearing* (yang dipasang pada bagian atas dan dasar *jacket*), sebuah *steering column shaft* dan kabel dan rangkaian kontak untuk klakson listrik. Pada ujung atas *steering column shaft*, terdapat sejumlah ulir untuk menerima *wheel nut* dan *spline* luar yang lurus untuk dihubungkan ke *spline* dalam pada *steering wheel hub*. Ujung bawah dilengkapi dengan *spline* luar yang lurus untuk dihubungkan ke *spline* dalam pada *steering drive line upper end-yoke*. Rangkaian *steering column* dihubungkan ke *dash steering column bracket* dengan dua *clamp* yang tersembunyi/terselubung di bawah *dash cover*. Penutup *steering column* bawah membentang dari *under-dash cover* sampai lantai. Rangkaian *steering column* umumnya tidak dapat diperbaiki. Jika ada komponen-komponen *steering column* yang rusak atau aus parah, maka rangkaian *steering column* harus diganti.

Steering Box

Gearbox ini menggandakan *torque* (torsi) *steering* (kemudi) (*steering torque*) dan mengubah arahnya saat diterima melalui *steering shaft* dari roda *steering* (kemudi). Ada dua jenis umum *heavy duty steering gear*, yaitu *worm* and *roller* dan *recirculating ball*. Ini dijelaskan di dalam bagian berikutnya di dalam modul ini.

Pitman Arm

Pitman arm adalah sebuah lengan baja yang dijepitkan pada *output shaft* pada *steering gear*. Ujung luar *Pitman arm* bergerak melalui sebuah lengkungan untuk mengubah gerakan putar *steering gear output shaft* menjadi gerakan linear. Panjang *Pitman arm* mempengaruhi respons *steering* (kemudi). *Pitman arm* yang lebih panjang akan menimbulkan gerakan *steering* (kemudi) yang lebih panjang pada roda-roda depan untuk besaran gerakan roda *steering* (kemudi) tertentu..

Drag Link

Batang tempa ini menghubungkan *Pitman arm* dengan *steering arm*. *Drag link* dapat terdiri dari satu komponen atau dua komponen. Rancangan satu komponen dapat disetel panjangnya, yang membuatnya mudah untuk memusatkan *steering gear* dengan roda-roda *straight ahead* (lurus kedepan). *Drag link* dengan rancangan dua komponen digunakan di dalam sistem-sistem dengan toleransi yang sangat ketat.

Komponen-komponen lain digunakan untuk melakukan penyetelan pada sistem bila *one-piece drag link* digunakan. *Drag link* dihubungkan pada masing-masing ujung oleh *ball joint*. *Ball joint-ball joint* ini mengisolasi *steering gear* dan *Pitman arm* dari gerakan as roda.

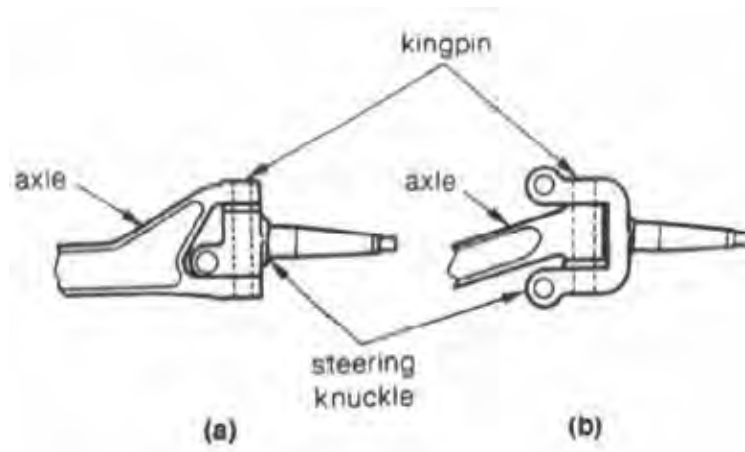
Axle Beam

Gambar 8.2

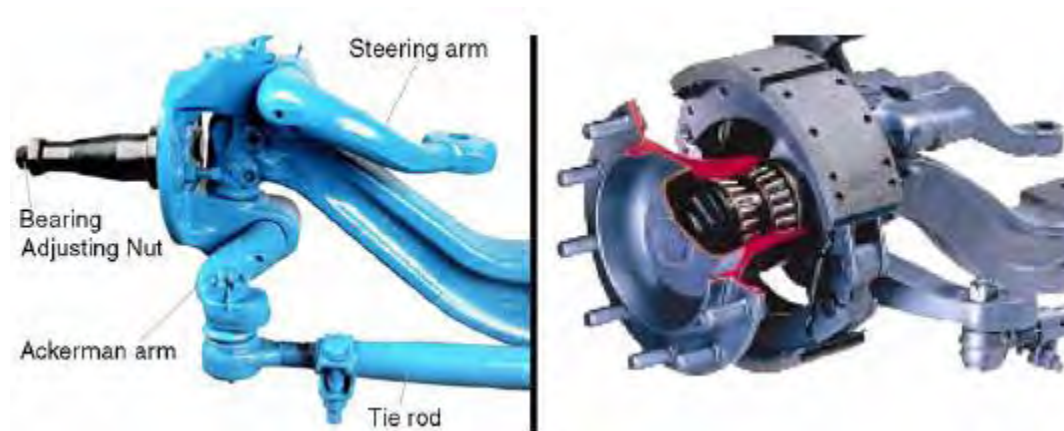
Steering axle digunakan untuk membawa dan menopang berat kendaraan dan memberikan permukaan pasang (*mounting surface*) untuk sistem suspensi. *Steering axle* digunakan untuk mengemudikan kendaraan dan umumnya dipasang di bagian depan kendaraan.

Steering axle beam pada kendaraan-kendaraan berat umumnya memiliki konstruksi I-*beam*. Pengemudian dilakukan dengan memutar *steering knuckle* ke masing-masing ujung *beam*, dan kedua *steering knuckle* dihubungkan satu sama lain dengan sebuah *track rod*.

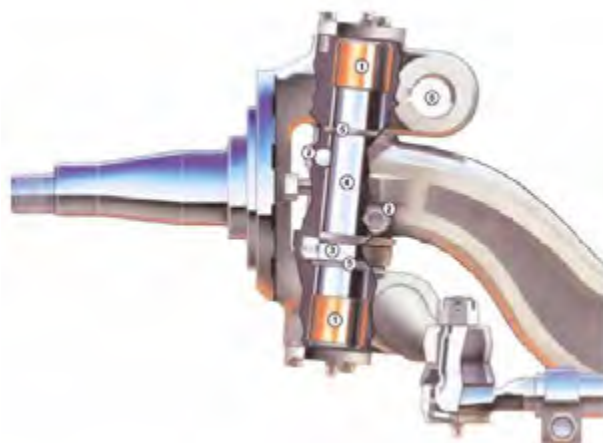
Axle beam adalah komponen yang menghubungkan roda-roda pada masing-masing sisi kendaraan dan diperlihatkan di dalam Gambar 8.2. *Axle beam* memungkinkan roda-roda kendaraan (*road wheel*) berputar sambil mentransfer seluruh berat kendaraan ke roda-roda tersebut.

Axle beam dapat berbentuk bujur sangkar, bulat atau persegi panjang. Namun demikian, as roda depan pada kendaraan-kendaraan berat biasanya memiliki rancangan I-*beam* konvensional. *Beam* ini adalah *heavy* I-*section*, diproses dengan panas, paduan baja tempaan dan menahan *steering knuckle* (rangkaian as roda *stub*) yang berputar pada *king pin*.

Gambar 8.3 – (a) Konstruksi Elliot, (b) Konstruksi *Reverse* Elliot

Beam ini dapat memiliki konstruksi *reverse* Elliot atau Elliot yang menerangkan metode yang digunakan untuk memasang *steering knuckle* dan dipasang pada as roda depan (Gambar 8.3).

Steering Knuckle

Gambar 8.4 *Steering knuckle* dan dudukan

Steering knuckle (Gambar 4) dipasang pada as roda depan dengan menggunakan sebuah pin baja keras (*heavy steel pin*) yang disebut *king pin* atau *knuckle*. *Steering knuckle* terdiri dari *spindle* dimana *wheel bearing* dan *wheel hub* dipasang, *flange* dimana pelat penopang rem (*brake backing plate*) dibautkan dan sebuah *upper knuckle* dan *lower knuckle* dimana *steering arm* dan *tie-rod arm* dihubungkan.

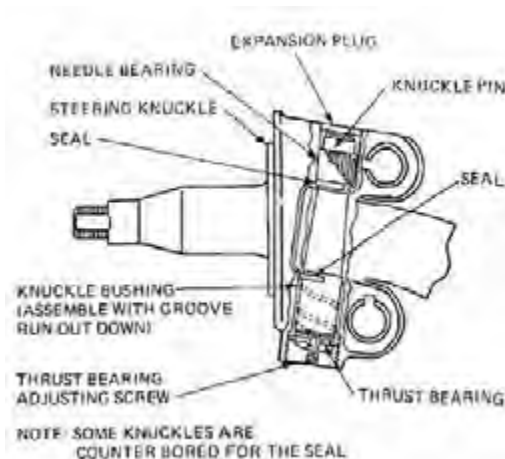
Ban depan kendaraan dipasang pada *hub* yang berputar pada *front hub axle*. *Stub axle* merupakan bagian *steering knuckle* yang di-*steering* (kemudi)kan oleh *steering linkage* dan berputar (ber-pivot) mengitari *kingpin*.

Gambar 8.5

Keterangan Gambar 8.5

1. *King pin bearing*
2. *Draw key*
3. *King pin seal*
4. *King pin*
5. *Thrust bearing*
6. *Steering arm*

Di dalam satu jenis *steering knuckle* (Lihat Gambar 8.5), *king pin* ditopang di dalam *plain bearing* yang ditekan ke dalam *steering knuckle arm*, sedangkan beban dorong (*thrust load*) ditahan oleh *thrust bearing* yang terdapat di dasar *king pin*. *end play* antara *arm* dan *beam* disetel dengan *shim washer*.

Gambar 8.6 – *Draw key*

Kingpin sejajar dengan, dan dikunci pada, *axle beam* dengan *cotter pin* atau *draw key* yang bertemu dengan bagian-bagian rata *kingpin*. (Gambar 8.6).

Gambar 8.7 – Perangkat *king pin* tirus

Di dalam jenis rancangan *steering knuckle* lain, *king pin* berbentuk tirus seperti diperlihatkan pada Gambar 8.7.

Kingpin Bearing

Kingpin bearing (Item 1, Gambar 8.5) dapat dilumasi secara rutin dengan *grease nipple*, atau dipasangi *seal* dengan *grease seal* dan *gasket* pada kedua puncak dan dasarnya. *Plain king pin bearing* ada yang terbuat dari perunggu, perunggu atau plastik yang diperkuat dengan baja, dan semuanya memiliki slot pelumasan. *Kingpin* paralel kadang-kadang menggunakan *needle roller* sebagai pengganti plain *bearing*. Untuk menopang bobot kendaraan, sambil memastikan pengemudian yang ringan dan lancar, *ball roller thrust bearing* atau *tapered roller thrust bearing* digunakan.

Steering Arm

Gambar 8.8

Kadang-kadang disebut *steering lever*, komponen baja tempaan ini menghubungkan *drag link* ke bagian atas *steering knuckle* dan *spindle* di sisi pengemudi. Ketika *steering arm* bergerak, *steering arm* ini mengubah sudut *steering knuckle* dan mengubah arah *steering knuckle spindle*.

Steering arm dihubungkan ke *drag link* dengan sebuah *ball stud joint*. Sambungan ini sama dengan sambungan yang digunakan pada ujung-ujung *tie rod* (Gambar 8.8).

Wheel Bearing

Gambar 8.9 *Hub* untuk *drive*, *steer* dan *trailer axle*

Roda-roda depan pada kendaraan berat dipasang pada *hub* yang terdiri dua buah *bearing* (Gambar 8.9). *Bearing-bearing* ini memungkinkan *hub* dan *wheel* berputar dengan bebas walaupun roda-roda sedang menopang bobot kendaraan.

Gambar 8.10 *Hub* dengan teknologi sekat premium (*premium seal*) dan *bearing spacer* yang dibuat dengan presisi dan *special tolerance bearing*

Jenis *wheel bearing* yang umum adalah *row tapered roller bearing* tunggal (Gambar 8.10), yang terdiri dari *cup* (*outer race*), *cone* (*inner race*), *tapered roller* dan *cage* yang memisahkan *roller* yang satu dengan *roller* lainnya. Beban awal (*preload*) pada *wheel bearing* diberikan dengan menggunakan mur penyetel *bearing* (*bearing adjusting nut*).

Cone, *roller* dan *cage* dibuat sebagai perangkat tunggal (*cone assembly*) dan tidak dapat dipisahkan. Rangkaian ini dipasang di dalam *cup* dengan *roller* yang berputar dengan bebas antara *cone* dan *cup*. *Tapered roller wheel bearing* digunakan sebagai pasangan lawan untuk mengakomodasi beban radial maupun lurus.

Meskipun sebagian besar *front wheel bearing* pada kendaraan berat dilumasi dengan *grease*, beberapa diantaranya dilumasi dengan direndam dengan oli (*oil bath*). *Oil bath* ini diperiksa dan “ditambah” melalui sebuah *filler plug* yang terdapat di dalam *hub*, atau tutup *bearing* (*bearing cover*), yang dapat terbuat dari logam atau plastik bening.

Steering Damper

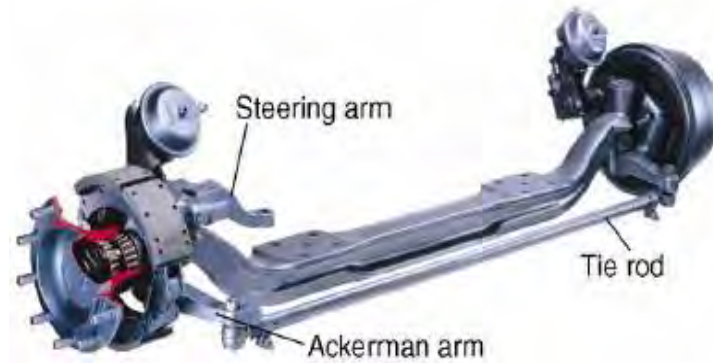
Beberapa kendaraan dilengkapi dengan sebuah *steering damper*. Sama seperti peredam kejut (*shock absorber*) yang dirancang untuk meredam gerakan vertikal

roda dan suspensi, *steering damper* (*stabilizer*) melaksanakan fungsi yang sama untuk *steering system* (sistem *Steering* (kemudi)), tetapi dalam arah horizontal.

Bila sebuah roda depan menabrak sebuah rintangan, tidak hanya kejutan vertikal ke bawah dan memantul kembali ke atas yang terjadi, tetapi juga renggutan besar ketika roda terpantul ke suatu arah yang baru. Jika rintangan tersebut berukuran cukup besar, ini dapat menyebabkan operator kehilangan kendali atas *steering* (kemudi) dalam waktu sekejap, meskipun hanya sekejab ini sudah merupakan cukup lama bagi kendaraan untuk kembali ke posisi aman.

Kejutan atau tumbukan ringanpun pada roda-roda depan dapat secara konstan menyebabkan roda depan cenderung berubah arah, dan sekurang-kurangnya timbul masalah yang menyebabkan aus pada komponen-komponen *steering* (kemudi) dan suspensi, terutama pada ujung-ujung *tie rod* dan *steering box*. Ketika kejutan dan getaran diteruskan melalui *steering system* (sistem *Steering* (kemudi)), tekanan dan gerakan tumbukan terjadi, yang memindahkan bahan pelumas, sehingga menyebabkan aus dan komponen harus lebih sering diganti dan roda harus lebih sering disejajarkan. *Steering damper* meredam tumbukan kejutan-kejutan dalam pengemudian ini dan menahan kecenderungan roda untuk berubah arah. Oleh karena itu, *steering damper*:

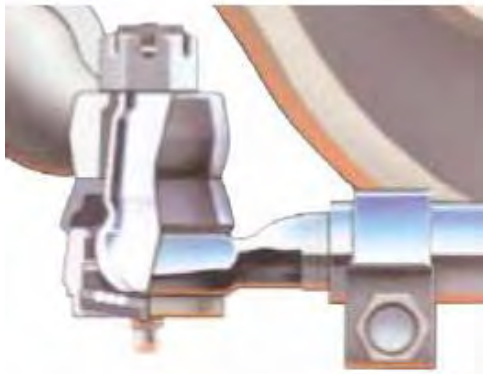
1. Menjaga kendali kendaraan lebih aman
2. Meningkatkan kestabilan arah
3. Mengurangi aus ban
4. Meningkatkan usia pakai komponen
5. Mengurangi kelelahan operator.

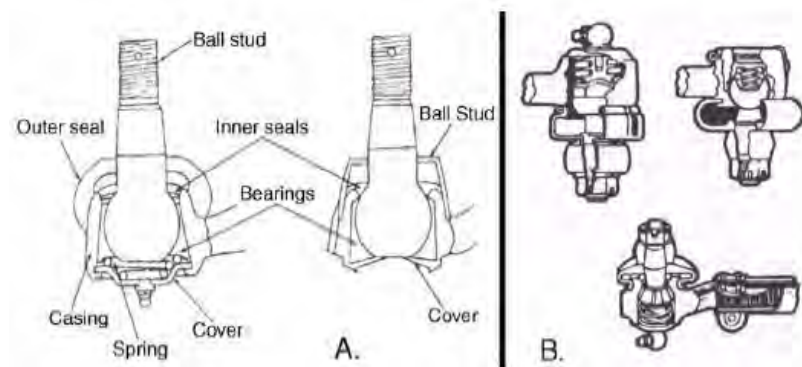
Tie Rod

Gambar 8.11

Steering arm atau tuas (*lever*) mengendalikan gerakan *steering knuckle* di sisi pengemudi. Cara untuk mentransfer gerakan pengemudian ini ke sisi yang berlawanan, *steering knuckle* di sisi penumpang dilakukan melalui penggunaan perangkat *tie-rod* atau *track rod*. *Tie rod* menghubungkan kedua *steering knuckle* sehingga keduanya berfungsi secara bersamaan. Rakitan *tie-rod* disebut juga *cross tube*.

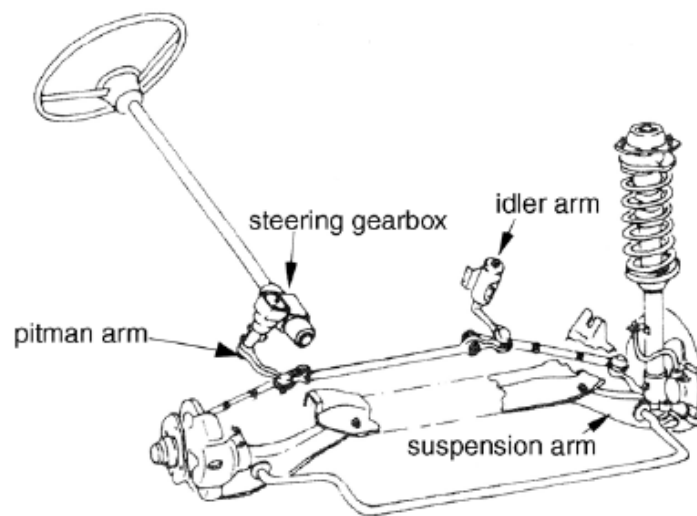
Rangkaian ini terdiri dari sebuah *tie rod* dan dua ujung *tie rod*. *Ackerman arm* dibautkan dengan kuat pada ujung bawah *steering knuckle*. (Beberapa pabrik pembuat menyebut *Ackerman arm* sebagai *tie rod arm*). *Tie rod* adalah sebuah batang atau tabung baja panjang yang membujur sejajar dengan as roda depan.

Ball joint (yang disebut ujung *tie rod*) pada salah satu ujung *tie-rod* menghubungkannya ke *socket joint* (sambungan soket) di dalam *Ackerman arm*. Jika, bila gerakan pengemudian diberikan pada *steering knuckle* di sisi pengemudi, ini akan ditransfer oleh *tie-rod arm* melalui *tie-rod* ke *Ackerman arm* dan *steering knuckle* yang berlawanan (Gambar 8.11).

Ujung *Tie-rod* (*Tie-rod End*)

Gambar 8.12 – *Tie-rod end*.

Ujung-ujung *tie-rod* (Gambar 8.12) terdiri dari rangkaian *ball* dan *socket* yang terdiri dari bola baja tempa dengan *stud* berulir yang dipasangkan padanya. Sebuah *socket shell* menjepit bola tersebut. *Ball stud* bergerak berputar untuk memberikan kebebasan bergerak. *Ball joint* juga digunakan untuk sambungan-sambungan lain di dalam *steering linkage*, yang memungkinkan gerakan bersudut dapat dilakukan, tetapi bukan *free play*, dalam arah memanjang dan vertikal.

Gambar 8.13 – (A) *Ball joint* tetap, (B) *Tie-rod end* dapat tetap atau dapat disetel

Ujung *tie rod* dapat tetap, atau dapat disetel (Gambr 8.13). *Ball joint* digunakan untuk menghubungkan *linkage* karena memberikan gerakan yang hampir tidak terbatas dalam semua arah tanpa kelonggaran sedikitpun.

Idler arm

Gambar 8.14

Steering system (sistem *Steering* (kemudi)) di dalam Gambar 8.14 memiliki sebuah *steering box* jenis *worm*. Ini memberikan pengurangan *gear* dan juga perubahan 90 derajat dalam arah gerakan. *Steering box* dilengkapi dengan *pitman arm* dan ini dihubungkan oleh *linkage* ke *idler arm* dan ke roda-roda.

Sistem dilengkapi dengan sebuah *idler arm* yang dipasang pada *subframe*, dan ini diposisikan sejajar dengan *pitman arm* pada *steering box*. *Track rod* menghubungkan kedua komponen ini sehingga setiap gerakan *pitman arm* direlai/diteruskan secara langsung ke *idler arm*. *Tie rod* menghubungkan *track rod* ke *steering arm* pada *steering knuckle*, sehingga gerakan *pitman arm* ditransfer oleh *track rod* dan *tie rod* menjaga gerakan pengemudian dan suspensi.

Idler arm dibutuhkan pada kendaraan-kendaraan dengan suspensi depan independen.

INSPEKSI *STEERING SYSTEM* (SISTEM KEMUDI)

PERINGATAN:

Seluruh mekanisme *steering* (kemudi) adalah unit pengaman yang penting. Oleh karena itu, petunjuk yang tercantum di dalam buku pedoman servis harus diikuti

sepenuhnya. Jika petunjuk ini tidak dipatuhi, maka Anda dapat kehilangan kendali saat mengemudikan kendaraan

---

Bila masalah pada *steering* (kemudi) timbul, lakukan inspeksi pada kendaraan untuk mengetahui apakah masih layak-jalan; *steering* (kemudi)an, jika perlu, pastikan masalah *steering* (kemudi) dengan menguji-coba (*test drive*) kendaraan atau menumpang bersama pengemudi. Jika masalah tersebut terjadi hanya bila kendaraan sedang memuat beban, lakukan *test drive* terhadap kendaraan tersebut dalam keadaan dimuati beban.

Setelah masalah dipastikan, periksa penyebab sederhana sebelum beralih ke kemungkinan yang lebih rumit. Lakukan pemeriksaan berikut ini dengan urutan yang ditentukan bila terjadi aus yang cepat pada ban, *steering* (kemudi) yang terasa berat, atau pengemudian yang tidak menentu menunjukkan adanya suatu masalah di dalam *steering system* (sistem *Steering* (kemudi)).

1. Periksa apakah ban depan memiliki ukuran dan model yang sama. Pastikan tekanan angin dalam ban adalah sama dan cukup. Ban yang kurang angin dapat menyebabkan *steering* (kemudi) yang terasa berat.

2. Jika masalah pada *steering* (kemudi) terjadi hanya bila kendaraan sedang diberi muatan, pastikan bahwa roda kelima dilumasi dengan memadai.

3. Periksa *steering linkage* apakah ada komponen-komponennya yang longgar, rusak atau aus. *Steering linkage* terdiri dari *tie rod*, *steering arm*, *bushing*, dan komponen-komponen lain yang menopang gerakan *Pitman arm* ke *steering knuckle*. Roda-roda harus berputar dengan mulus dari titik perhentian ke titik perhentian.

4. Inspeksi *drag link*, *steering driveline*, dan *upper steering column* apakah ada bagian-bagian yang aus atau rusak.

5. Pastikan bahwa komponen-komponen *steering driveline*, terutama *universal joint*, sudah dilumasi dengan memadai.

6. Periksa kesejajaran *front axle whee*, termasuk setelan *wheel bearing*, sudut *caster*, sudut *chamber*, dan *toe-in* sebagaimana diuraikan di dalam Topik 2.

7. Periksa *axle* alignment belakang. Ketidaklurusan as roda belakang dapat menyebabkan *steering* (kemudi) menjadi tidak menentu dan berat. Jika perlu, sejajarkan letak as roda belakang.

8. Inspeksi suspensi as roda depan apakah ada bagian-bagian yang aus atau rusak.

PERINGATAN:

Sebelum melaksanakan pemeriksaan lainnya, aktifkan rem parkir dan ganjal roda belakang. Naikkan kendaraan hingga ban depan terangkat dari permukaan tanah/aspal dan pasang penopang pengamam (*safety stand*) di bawah *frame rail*. Pastikan bahwa penopang (*stand*) akan menopang bobot kendaraan.

---

9. Dengan roda-roda depan *straight ahead* (lurus kedepan), putar roda *steering* (kemudi) hingga gerakan terlihat pada roda-roda. Sejajarkan tanda acuan pada roda *steering* (kemudi) dengan tanda pada penggaris dan *steering* (kemudi)an putar secara perlahan ke arah yang berlawanan hingga gerakan terlihat lagi pada roda-roda. Ukur celah (*lash*)/(*freeplay*) pada roda *steering* (kemudi). Akan terjadi terlalu banyak celah (*lash*) jika gerakan roda *steering* (kemudi) melebihi:

   - 23/4 inci untuk roda *steering* (kemudi) 22 inci

   - 21/4 inci untuk roda *steering* (kemudi) 20 inci.

10. Putar roda *steering* (kemudi)ke kanan sepenuhnya dan ke kiri sepenuhnya. Jika roda-roda depan tidak berbelok ke kanan dan ke kiri, *steering axle* akan berhenti tanpa interferensi yang mengikat ataupun interferensi yang dapat terlihat, satu atau lebih dari yang berikut ini mungkin menjadi penyebabnya.

    - *Worm shaft bearing* atau *roller shaft mesh* disetel terlalu kencang.

- *Worm shaft bearing* atau *worm shaft bearing* sudah aus atau rusak.

- *Roller shaft* sudah aus atau rusak.

Petunjuk tentang perbaikan masalah ini dapat ditemukan pada bagian selanjutnya di dalam bab ini.

11. Tetapkan roda *steering* (kemudi) dalam posisi *steering* (kemudi) *straight ahead* (lurus kedepan). Gerakkan roda-roda depan dari sisi ke sisi. Setiap kelonggaran (*play*) di dalam *steering gear bearing* akan terasa di dalam *drag link ball stud* pada *Pitman arm*. Jika terjadi kelonggaran *bearing*, maka lakukan penyetelan dengan urutan sebagai berikut:

    - Setel *worm shaft bearing*

    - Setel *roller shaft total mesh preload*.

PERINGATAN

Jangan mengemudikan kendaraan jika terjadi kelonggaran yang terlalu parah di dalam *steering gear*. Kelonggaran yang berlebihan adalah tanda bahwa *steering gear* disetel tidak sempurna atau terjadi aus atau kerusakan pada komponen-komponen *steering gear*. Mengemudikan kendaraan dalam kondisi ini dapat menyebabkan Anda kehilangan kendali pada *steering* (kemudi).

12. Lepaskan penopang pengaman (*safety stand*), turunkan kendaraan, dan lepaskan ganjal roda.

Sudut Steering (kemudi) (Steering Angle)

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang paling penting adalah aspek *running* dari roda *steering* (kemudi) pada *chassis* pada saat kendaraan sedang berjalan *straight ahead* (lurus kedepan) dan ketika berbelok. Area kontak ban dengan jalan disebut jejak ban (*tyre footprint*) dan dalam situasi ideal, kontak *track* dan jejak ban tidak boleh banyak berubah bila beban atau kondisi jalan berubah. Setiap perubahan area kontak jejak ban menunjukkan adanya penyesuaian dalam penanganan secara aman dan kestabilan kendaraan.

Running footprint yang ideal pada ban dijaga dengan kombinasi aksi suspensi dan faktor geometri *steering* (kemudi) (*steering geometry factor*). Sudut *steering* (kemudi) (*steering angle*) dan ukuran dirancang untuk kendaraan tertentu yang bekerja di dalam lingkungan kerja tertentu.

Steering angle dan ukuran pengukuran adalah penyetelan statis (*static setting*) yang berubah jika terkena pengaruh gaya pengoperasian, yang pada dasarnya diberikan untuk mencapai posisi roda *steering* (kemudi) yang hampir vertikal ketika menggelinding *straight ahead* (lurus kedepan).

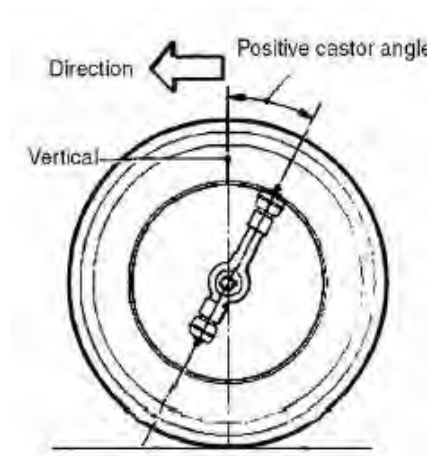
Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memahami sudut-sudut *steering* (kemudi) dasar (*basic steering angle*), pengukuran dan sifat-sifat *steering* (kemudi) yang diberikan untuk memperoleh keamanan dalam penanganannya dan fitur-fitur *steering* (kemudi) suatu kendaraan.

Sudut *steering* (kemudi) dasar (*basic steering angle*) dan faktor-faktor *steering* (kemudi) adalah sebagai berikut:

1. *caster*
2. *chamber*
3. kemiringan *king pin* (*king pin inclinationp* KPI)
4. *included angle*
5. *scrub radius*
6. *slip angle*

7. *toe-in/toe-out*
8. *Ackerman geometry*
9. *Axle alignment (axle alignment)*
10. *Steering* (kemudi) terpusat (*centralized steering*).

Hal lain yang juga penting adalah spesifikasi yang digunakan untuk memeriksa/menyetel kesejajaran roda adalah spesifikasi yang benar untuk merek dan model kendaraan tertentu yang sedang dikerjakan.

CASTER

Gambar 8.15 – Sudut *caster (caster angle*)

Caster angle adalah ukuran kemiringan puncak *king pin* atau garis tengah *ball joint* ke arah depan atau belakang kendaraan bila dilihat dari samping, dan diukur dalam derajat. Memiringkan garis tengah kearah belakang dikenal sebagai *caster* positif (Gambar 8.15), ke arah depan dikenal sebagai *caster* negatif, sedangkan garis tengah dalam posisi vertikal disebut *caster* nol. *Caster* biasanya diukur dalam satuan derajat.

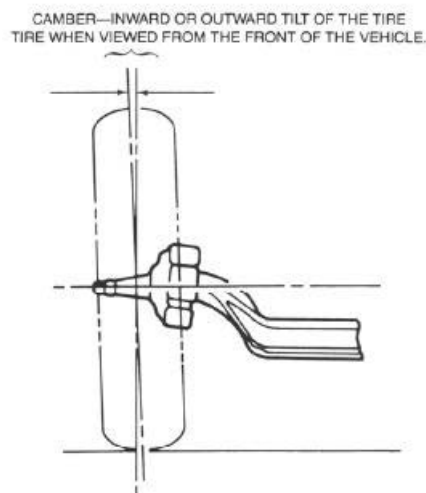
Fungsi *caster* adalah untuk memberikan kestabilan arah dengan menjaga roda-roda dalam posisi *straight ahead* (lurus kedepan). *Positive caster* menggunakan gaya yang ditimbulkan oleh gerakan maju ban untuk membuat roda-roda menapak sejajar dengan garis tengah kendaraan. Bobot kendaraan “menarik (*pull*)” roda *steering* (kemudi) (*steer wheel*) dengan menempatkan garis tengah poros roda *steering* (kemudi) di depan titik tengah jejak ban (*tyre footprint*).

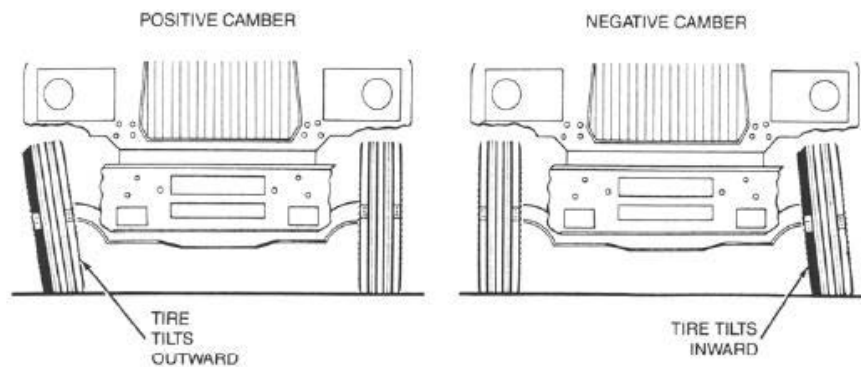
"Tarikan" pada roda *steering* (kemudi) (*steer wheel*) disepanjang jalan akan juga menimbulkan gaya terpusat yang mengembalikan roda-roda pada posisi *straight ahead* (lurus ke depan) jika roda *steering* (kemudi) dilepas saat roda-roda dibelokkan untuk mengemudikan kendaraan.

Efek *Caster Angle*

Penting untuk diingat bahwa *caster* tidak menyebabkan aus pada ban. *Caster* negatif yang berlebihan (*excessive negative caster*) menyebabkan ketidakstabilan pada kecepatan yang lebih tinggi dan *steering* (kemudi) menjadi ringan karena gaya garis lurus kendaraan cenderung membuat roda berusaha menyimpang dari posisi *straight ahead* (lurus ke depan).

Caster positif yang berlebihan (*excessive positive caster*) menyebabkan *steering* (kemudi) menjadi berat, guncangan pada roda, dan menyebabkan kejutan yang ditimbulkan permukaan jalan berpindah ke roda *steering* (kemudi). *Caster* yang tidak sama menyebabkan kendaraan menarik ke satu sisi dengan *caster* yang paling sedikit.

CHAMBER

Gambar 8.16 – *Chamber angle* (sudut *chamber*)

Chamber adalah kemiringan roda menjauhi atau mengarah ke garis tengah kendaraan bila dilihat dari depan (Gambar 8.16), dan diukur dalam satuan derajat.

Gambar 8.17

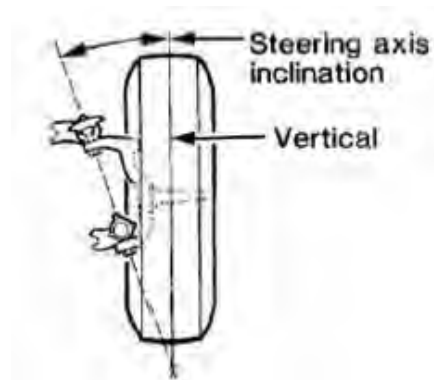
Fungsi *chamber* adalah untuk membuat jejak roda (*tyre footprint*) kontak dengan permukaan tanah sedekat mungkin di bawah titik beban, sehingga sebagian besar massa kendaraan ditopang oleh *wheel bearing* dalam yang lebih besar. Fitur ini juga membuat pengemudian menjadi lebih mudah dan usia pakai ban menjadi lebih lama. Pada sebagian besar suspensi, *chamber* akan berubah jika kondisi pengoperasian berubah.

Miring sedikit dari titik tengah, mengarah **keluar di bagian atas** dikenal sebagai *chamber* positif, kemiringan kearah atau kemiringan ke dalam, dikenal sebagai *chamber* negatif, sedangkan roda yang tegak akan memiliki *chamber* nol (*zero chamber*). Faktor-faktor yang mempengaruhi *chamber* termasuk beban, gerakan suspensi karena permukaan jalan yang tidak rata dan *caster* ketika berbelok.

Efek *Chamber*

Positive chamber akan menyebabkan roda *steering* (kemudi) tertekan dan berputar dalam jalur melingkar menjauhi kendaraan. Jika Anda mengendarai sebuah sepeda atau sepeda motor, Anda akan mengetahui dari pengalaman, bahwa Anda dapat berbelok ke arah yang Anda inginkan hanya dengan memiringkan kendaraan Anda ke arah tersebut. Pada *steer axle*, *toe-in* digunakan untuk mengimbangi efek *chamber*.

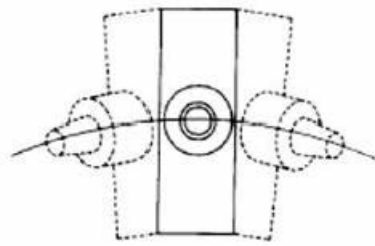
Chamber yang tidak rata akan menyebabkan kendaraan "menarik" ke sisi yang memiliki *chamber* yang paling positif. *Chamber* yang tidak rata akan menyebabkan kendaraan "menarik" ke sisi dimana *chamber* paling positif.

Kemiringan Poros Roda Steering (Kemudi) (King Pin Inclination)

Gambar 8.18 – Kemiringan poros roda *steering* (kemudi)/*King pin*

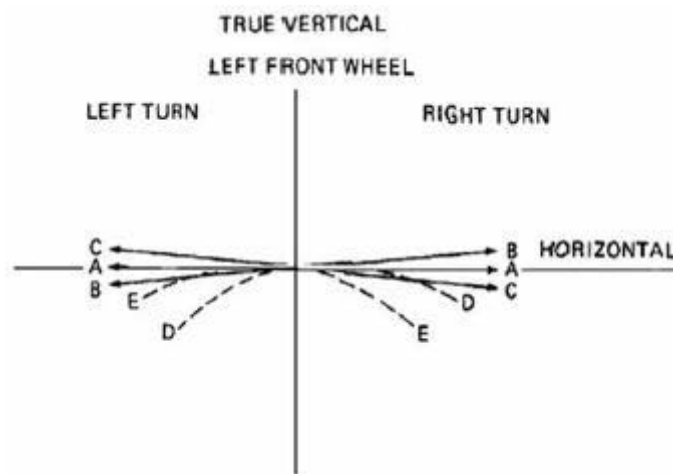
Kemiringan poros roda *steering* (kemudi) adalah kemiringan bagian atas *king pin steering axis* ke arah titik tengah kendaraan (Gambar 8.18).

Fungsi utama kemiringan poros roda *steering* (kemudi) (*steering axis*) atau kemiringan *king pin* adalah untuk mengurangi jarak antara titik kontak garis tengah poros roda *steering* (kemudi) dan garis tengah ban pada permukaan tanah. Semakin dekat jarak tersebut, semakin dekat massa kendaraan beraksi langsung melalui titik tengah ban, yang mengurangi tenaga yang dibutuhkan untuk mengemudikan kendaraan.

Kemiringan poros roda *steering* (kemudi) juga mengurangi besarnya *chamber* positif yang digunakan.

Kemiringan poros roda *steering* (kemudi) atau kemiringan *king pin* merupakan faktor utama yang menghasilkan kemampuan kembali pada *steering* (kemudi) *(steering returnability).*

Gambar 8.19 – Memperlihatkan *Stub Dip* ketika berputar.

Membelokkan *stub axle* keluar dari titik tengah menyebabkan ujung luar *stub axle* turun ke arah permukaan tanah, (lihat Gambar 8.19). Karena roda biasanya duduk di antara *stub* dan tanah, kecenderungan turun tersebut menyebabkan bagian depan kendaraan naik sedikit.

Ini berarti bila roda *steering* (kemudi) dilepas, massa kendaraan akan menyebabkan *stub* kembali ke posisi *straight ahead* (lurus ke depan).

Gambar 8.20

A: Tanpa *caster* atau kemiringan *king pin*

B: Dengan *positive caster* dan tanpa kemiringan *king pin*

Bila *caster* dipasang, efek mengangkat pada *stub axle* akan berubah, tergantung dari apakah roda dibelokkan ke dalam atau keluar (lihat Gambar 8.20). Pada sebagian besar kendaraan berat yang menggunakan *beam axle*, kemiringan poros roda *steering* (kemudi) tidak dapat disetel dan setiap perubahan dari

spesifikasi biasanya mengisyaratkan adanya komponen-komponen yang melengkung atau aus. Kemiringan *king pin* atau kemiringan poros roda *steering* (kemudi) juga membantu kestabilan garis lurus.

Jika titik-titik kontak untuk poros roda *steering* (kemudi) dan jejak ban (*tyre footprint*) dijaga saling berdekatan, akan terjadi pengungkitan yang berkurang pada ban ketika mencoba untuk membelokkan ban saat ban menabrak rintangan atau lubang pada permukaan jalanan. Berbelok ketika menabrak perintang atau lubang pada permukaan jalan. Ini mengurangi beban dan aus pada komponen-komponen *steering* (kemudi).

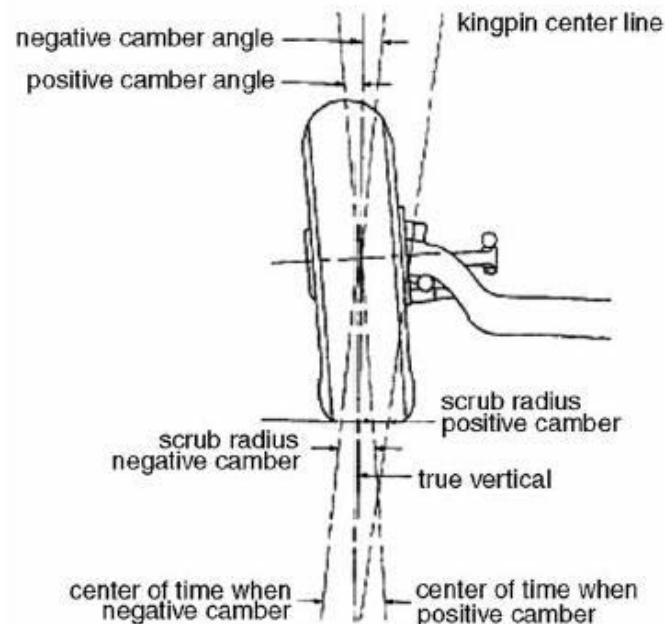
Kemiringan *steering* axis harus diperiksa setelah *chamber* disetel, jika tidak benar, itu mengindikasikan *axle* bengkok atau *stub axle*.

INCLUDED ANGLE

Ini adalah sudut diagnostik yang merupakan kombinasi sudut *chamber* dan sudut poros roda *steering* (kemudi). Misalnya, sudut chamber positif 1° dan kemiringan poros roda *steering* (kemudi) 8° akan memberikan *included angle* sebesar 9°.

Beberapa pabrik pembuat hanya akan memberikan spesifikasi *included angle* dan spesifikasi *chamber angle*. Sudut kemiringan poros roda *steering* (kemudi) dihitung dengan mengurangi sudut *chamber* dari *included angle*.

Misalnya, kemiringan poros roda *steering* (kemudi) (kemiringan *King pin*) = *included angle* dikurangi dengan sudut chamber= 9° - 1° = 8°. Pabrik pembuat “I” *beam steering axle* tidak memberikan penyetelan untuk kemiringan poros roda *steering* (kemudi) atau *chamber* dan hanya dapat diubah dengan memberikan koreksi pada as roda.

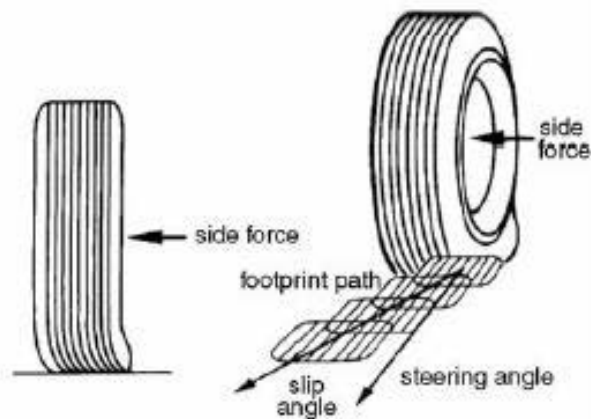
SCRUB RADIUS

Gambar 8.21 – *Scrub* Radius terhadap *chamber angle*

Scrub radius adalah jarak antara dua titik teori pada permukaan jalan. *Scrub* radius adalah jarak antara titik dimana *king pin center line* (garis tengah *king pin*) menyentuh permukaan tanah dan titik tengah jejak ban (*tyre footprint*).

Scrub radius tidak dapat diukur, tetapi jika *caster*, *chamber* dan kemiringan poros roda *steering* (kemudi) sudah benar dan kendaraan dilengkapi dengan rim (*velg*) dan ban tertentu, *scrub* radius akan benar.

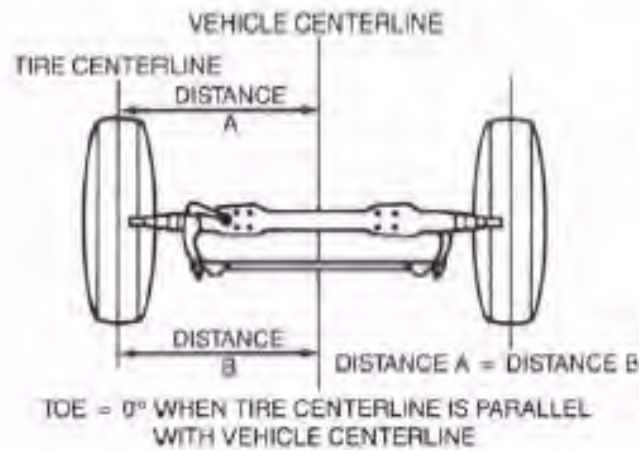
Jika kedua garis bayangan yang melalui poros roda *steering* (kemudi) dan roda dan ban bersimpangan di bawah permukaan jalan, maka ini disebut sebagai *scrub* radius positif (Gambar 8.21). Jika persimpangan terjadi pada permukaan jalan, maka itu disebut *zero scrub* radius dan jika titik persimpangan tersebut terjadi di atas permukaan tanah, maka itu disebut *scrub* radius negatif. *Scrub* radius positif menyebabkan roda-roda *steering* (kemudi) mengalami *toe-out* bila didorong di sepanjang jalan.

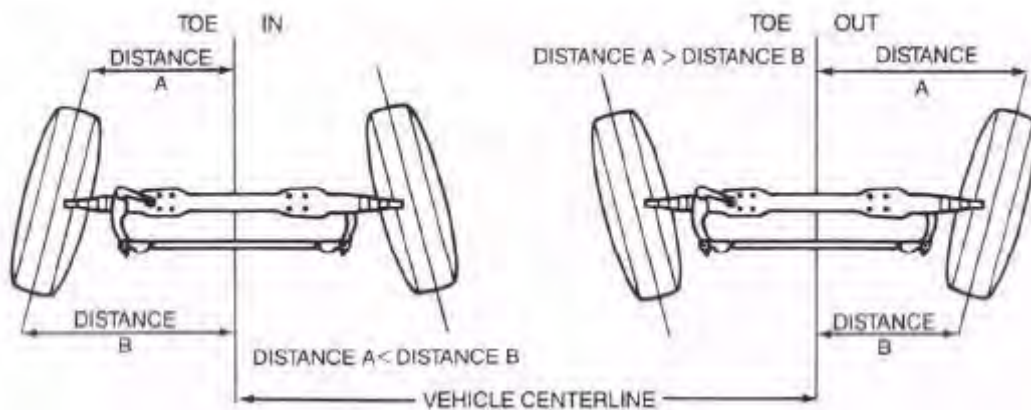
Scrub radius digunakan untuk meningkatkan penanganan dalam kondisi normal dengan membuat *steering* (kemudi) menjadi lebih responsif, lebih langsung dan untuk memberikan rasa jalan (*road feel*) lebih besar bagi pengemudi. *Scrub* radius dapat juga membantu menjaga *steering* (kemudi) bila ban meledak, atau bila terjadi kegagalan rem pada roda *steering* (kemudi). *Scrub* radius harus sama pada kedua sisi kendaraan untuk penanganan dan pengemudian yang baik.

SLIP ANGLE

Gambar 8.22 – *Slip angle* sebagai akibat aksi gaya samping (*side force*) ban

Istilah lain yang umum digunakan ketika mempertimbangkan faktor penjajaran roda (*wheel alignment factor*) adalah *slip angle* (Gambar 8.22). Ini adalah ukuran besaran defleksi pada ban yang meluncur yang disebabkan oleh ban yang mengikuti suatu garis yang berbeda disekitar suatu pojokan ke garis yang diikuti oleh kendaraan.

Slip angle juga didefinisikan sebagai sudut antara garis tengah ban yang sebenanya dan jalur *actual* yang diikuti oleh jejak (*footprint*) ketika berbelok. *Slip angle* memberikan umpan balik kepada pengemudi mengenai keadaan kendaraan ketika berbelok dan dipengaruhi oleh gaya menyamping pada ban, beban yang dibawa, tekanan ban, lebar rim (*velg*) yang digunakan untuk ban dan konstruksi ban.

TOE-IN/TOE-OUT

Gambar 8.23 – *Zero toe*

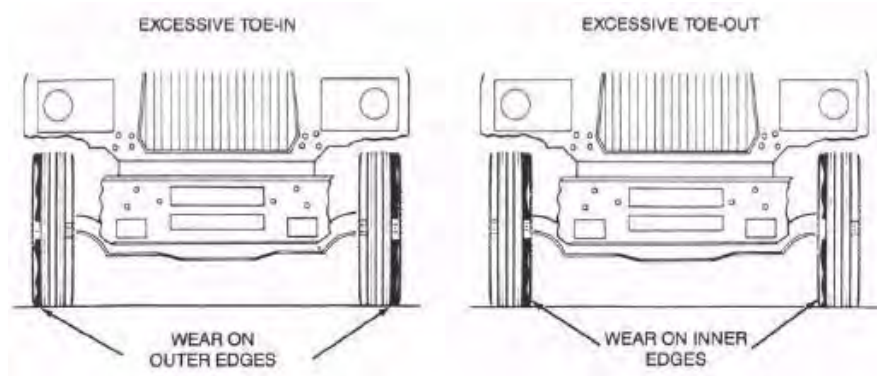
Toe adalah sudut yang dibentuk oleh ban dari posisi *straight ahead* (lurus kedepan) yang benar. Yaitu, jika sebuah garis ditarik melalui garis tengah ban dan dibandingkan dengan garis tengah kendaraan (posisi *straight ahead* (lurus kedepan) yang benar), besarnya penyimpangan antara kedua garis menunjukkan sudut *toe* ban tersebut. Bila garis tengah ban sejajar dengan garis tengah kendaraan, maka sudut *toe* sama dengan *nol* (*zero toe*). (Gambar 8.23).

Gambar 8.24 *Toe-in* dan *Toe-out*

Bila ujung depan ban menunjuk ke dalam ke arah kendaraan, maka ban tersebut memiliki *toe-in*. Bila ujung depan ban menunjuk ke luar menjauh dari kendaraan, maka ban tersebut memiliki *toe-out* (Gambar 8.24).

Bila suatu kendaraan berat sedang bergerak di sepanjang jalan, semua roda harus sejajar satu dengan yang lainnya untuk menghindari lecet. Untuk memperoleh kondisi ini, biasanya kita perlu menyetel sedikit *toe* (*toe-in* atau *toe-out*) ketika kendaraan sedang tidak bergerak, yang *steering* (kemudi) an mengimbangi *toe-out* atau *toe-in* yang terjadi ketika kendaraan bergerak.

Terjadinya perubahan ini disebabkan oleh:

- Resistensi meluncur ban
- *Torque* (torsi) kesejajaran otomatis pada ban
- *Chamberyang* disebabkan oleh *caster*
- *Torque* (torsi) putar disekeliling *king pin* yang disebabkan oleh *scrub* radius
- *Distorque* (torsi) suspensi selama pengereman
- *Caster* yang disebabkan oleh *distorque* (torsi) ban
- *Chamber*
- *Caster* ketika berbelok
- Kemiringan poros roda *steering* (kemudi) ketika berbelok
- *Toe-out* ketika berbelok.

Salah satu dari gaya ini dapat menyebabkan roda-roda depan cenderung berubah arah, yang menempatkan beban berat pada sambungan-sambungan *steering linkage*. Karena semua sambungan *steering* (kemudi) memiliki gerakan yang sangat kecil, sambungan-sambungan tersebut menekan dan meregang, sehingga mengubah toe. *Drive axle* biasanya memiliki built in *toe-in*.

Gambar 8.25 – Pola aus ban karena *toe-in* dan *toe-out* yang salah

Biasanya, sudut *toe* yang tidak benar tidak mempengaruhi kestabilan arah kendaraan. Namun demikian, sudut *toe* yang tidak benar berpotensi lebih besar menyebabkan aus dibandingkan dengan sudut kesejajaran (*alignment*) yang tidak benar lainnya. *Toe-in* terlalu banyak menyebabkan aus pada pinggiran luar ban, sedangkan *toe-out* terlalu banyak dapat menyebabkan aus pada pinggiran dalam ban (Gambar 8.25). Dalam kasus *toe-in* atau *toe-out* yang ekstrim, pinggiran berbulu muncul pada ban pada keseluruhan lebar tapaknya baik pada ban *radial-ply* maupun ban *bias-ply*.

Ban radial lebih sensitif terhadap sudut *toe* yang tidak benar bila dibandingkan dengan ban *bias-ply*. Ini karena ban radial mencengkeram jalan dengan pola kontak dengan permukaan tanah berbentuk persegi panjang yang lebih rentan terhadap gosokan bila dibandingkan dengan pola kontak bundar yang dimiliki ban *bias-ply*.

Toe dihitung dalam satuan derajat atau inci. Karena ban memiliki kecenderungan alami untuk *toe-out* pada saat kendaraan sedang berjalan, biasanya, *steering axle* menuntut setelan *toe-in* 1,5 ± 0,75 mm bila kendaraan kosong (tidak memuat beban). Penyetelan *toe* dilakukan dengan menyetel panjang ujung-ujung *tie rod* atau mengganti komponen-komponennya jika perlu.

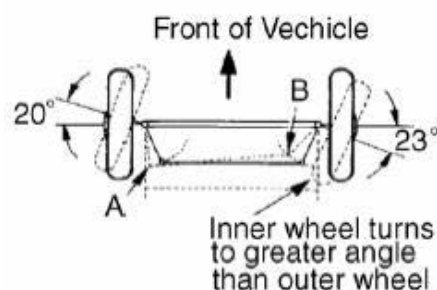
Efek *Toe* yang Tidak Benar

Toe-in atau *toe-out* yang tidak benar akan menyebabkan aus yang berlebihan pada ban sama dengan aus yang ditimbulkan oleh *chamber*, tetapi biasanya pinggiran tapak ban berbulu. Aus karena *toe-in* terjadi pada bagian luar ban, dengan bulu-bulu menghadap ke arah dalam ban. *Toe-out* menyebabkan aus pada bagian dalam tapak ban, sedangkan bulu-bulu menghadap keluar ban.

Satu pemeriksaan sederhana yang cukup berguna adalah dengan mengusap jejak tangan ke dalam dan ke luar pada *tread* ban dengan hati-hati agar tidak terkena material yang terjepit atau menusuk ban. Bulu-bulu pada *tread* ban menyebabkan lebih banyak tarikan (*drag*) satu arah bila dibandingkan dengan arah lain.

Jika *toe-in* sudah berlebihan (bulu-bulunya terdapat pada sisi dalam blok tapak ban), tangan Anda akan lebih mudah tergelincir masuk dalam tapak ban sehingga dapat ditarik keluar sepanjang tapak ban.

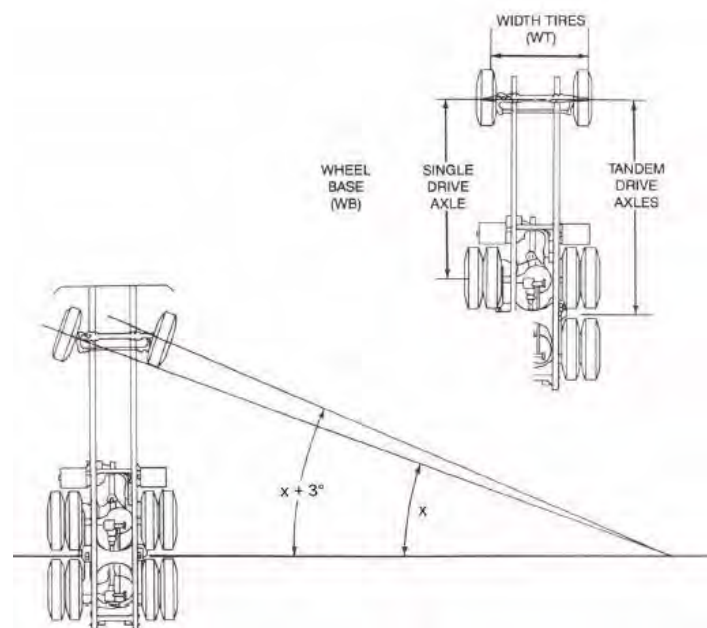
Jika lebih satu penyetelan yang dibutuhkan untuk mengubah *toe-in*, yaitu dua buah *tie rod*, yang penting adalah bahwa kedua *tie-rod* dijaga pada panjang yang sama untuk memastikan *steering* (kemudi) tetap terpusat. *Steering box* harus dipusatkan bila *toe* diperiksa atau disetel.

***Toe-out* Ketika Berbelok**

Gambar 8.26 – *Toe-out* ketika berbelok

Ini adalah perbedaan derajat belokan roda dalam dibandingkan dengan roda luar ketika berbelok. Perbedaan tersebut memungkinkan roda dalam mengikuti radius yang lebih kecil dibandingkan dengan roda luar dan dicapai dengan rancangan *steering arm* (Gambar 8.26). *Steering arm* dimiringkan kearah garis tengah kendaraan.

Garis tengah *steering arm* bersilangan dengan garis tengah kendaraan di sebuah titik sekitar duapertiga panjang kendaraan dari depan. Fitur ini (sudut-sudut *steering* (kemudi) yang berbeda ketika berbelok) disebut *Ackerman Principle of Steering* (Prinsip Pengemudian *Ackerman*) dan membuat roda-roda depan mengikuti lingkaran belokan yang berbeda, yang mengurangi gosokan dan lecet pada ban, sehingga memperlambat masa aus ban.

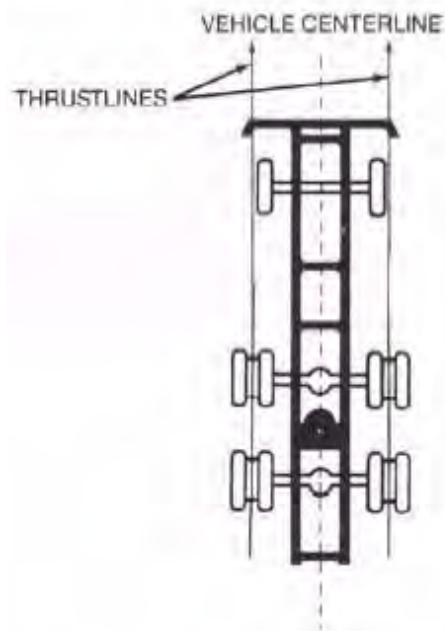
Istilah-istilah berikut ini berhubungan dengan kesejajaran roda (*wheel alignment*). Istilah-istilah ini tidak dapat diadaptasikan, tetapi penting untuk pengoperasian yang benar atau digunakan hanya untuk diagnosa.

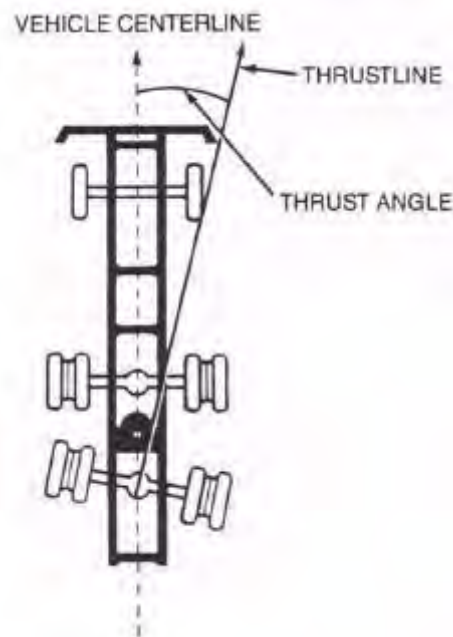
ACKERMAN GEOMETRY

Gambar 8.27 – Susunan *Ackerman Geometry*

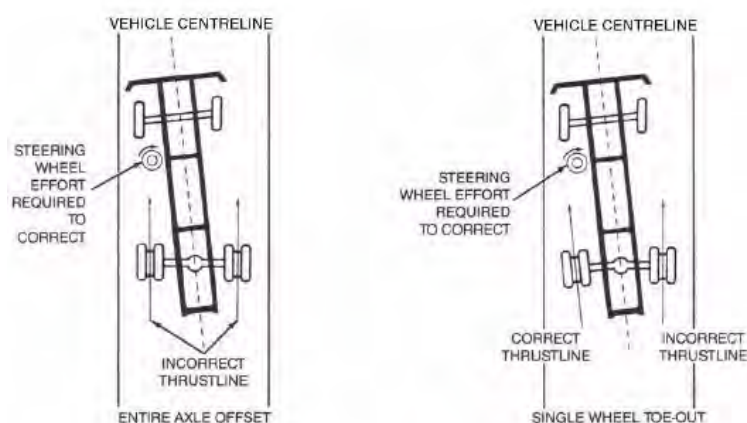
Ackerman geometry melibatkan pengaturan komponen-komponen *steering* (kemudi) sehingga ban depan meluncur dengan bebas selama berbelok. Selama berbelok, roda dalam harus mengikuti lingkaran yang lebih kecil dibandingkan dengan roda luar. Ini berarti roda dalam dan luar harus berbelok pada sudut yang berbeda sehingga kedua roda dapat meluncur tanpa bergesek. Untuk melakukan ini, *steering linkage* harus disusun sehingga poros pada roda *steering* (kemudi) bersilangan dengan poros pada as roda belakang. (Gambar 8.27).

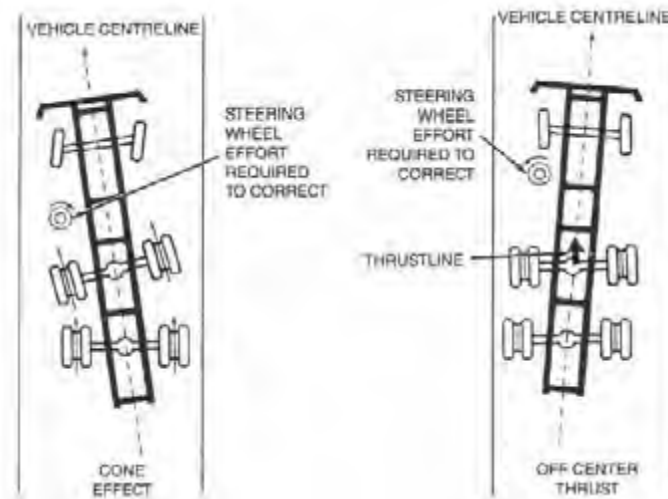
Susunan *Ackerman steering* memberikan sudut luncur yang sempurna untuk kedua roda depan pada hanya satu sudut belokan. Sudut-sudut belokan yang lain menimbulkan selisih (*error*), yang ukurannnya tergantung dari panjang dan kemiringan *Ackerman arm*. Akibatnya, panjang *cross tube* dan *tie-rod arm* harus dipilih untuk meminimalkan kesalahan di seluruh kisaran pengemudian (*steering range*). Pada truk, selisih pada saat pengemudian harus sekecil mungkin pada sudut belokan kecil; ini adalah sudut dimana sebagian besar belokan dilakukan dan dimana kecepatan pengoperasian tertinggi dialami.

Secara teori, rancangan *Ackerman* ini adalah “sempurna” untuk hanya satu kombinasi *wheel base* dan *track*. Dalam prakteknya, susunan *Ackerman* bekerja untuk sejumlah kisaran *wheel base* tanpa menyebabkan gosokan ban berlebihan selama pembelokan.

AXLE ALIGNMENT

Gambar 8.28 – *Thrustline* yang benar

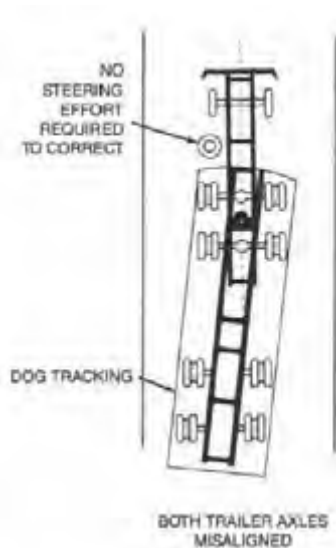
Idealnya, as roda kendaraan harus tegak lurus terhadap garis tengah kendaraan dan roda-roda belakang harus menapak tepat lurus di belakang roda-roda depan ketika kendaraan sedang berjalan *straight ahead* (lurus kedepan). Bila ini terjadi, maka *thrusline* yang ditimbulkan oleh roda-roda belakang adalah sejajar dengan garis tengah kendaraan (Gambar 8.28).

Gambar 8.29 – *Thrusline* yang salah

Namun demikian, jika as roda kendaraan tidak tegak lurus terhadap garis tengah kendaraan, roda-roda belakang tidak menapak tepat di belakang roda-roda depan dan *thrustline* roda-roda belakang menyimpang dari garis tengah kendaraan (Gambar 8.29). Ini dapat menyebabkan roda *steering* (kemudi) duduk dalam posisi tidak di tengah (*uncentered position*), roda-roda depan akan aus dengan cepat, dan kendaraan akan mengalami *oversteer* bila berbelok ke satu arah dan akan mengalami *understeer* bila berbelok ke arah yang lain.

Gambar 8.30 – *Thrustline* yang salah pada kendaraan yang memiliki as roda tunggal

Penapakan (*track*) yang salah dapat terjadi pada kendaraan yang memiliki as roda tunggal, kendaraan yang memiliki as roda tandem, dan trailer. Pada kendaran dengan as roda tunggal, *thrustline* pada as roda belakang dapat menyimpang jika keseluruhan as roda menyimpang (*offset*) atau jika hanya satu roda yang memiliki sudut *toe* yang tidak benar (Gambar 8.30).

Gambar 8.31 – Masalah *tracking* yang umum pada kendaraan dengan tandem *axle*

Pada as roda tandem, ada sejumlah kombinasi yang berbeda-beda yang dapat menyebabkan tracking yang salah. Beberapa kombinasi tersebut digambarkan di dalam Gambar 8.31.

Untuk memeriksa ketidakkesejajaran (*misalignment*) pada as roda tunggal, jepit sebuah siku-siku pada rangka sehingga tegak lurus dengan frame rail pada masing-masing sisinya. *Steering* (kemudi)an ukur dari siku-siku tersebut ke bagian tengah *hub*. Jarak pada masing-masing sisi harus dalam 3 mm satu dengan lainnya. Jika tidak, as roda harus disejajarkan.

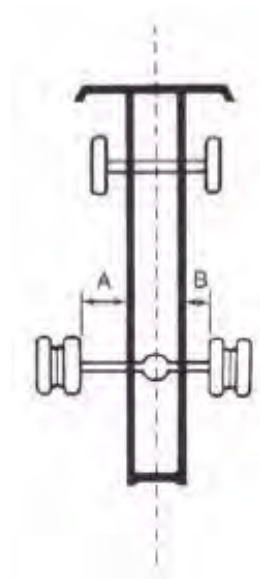
Penapakan (*Tracking*) pada Trailer

Gambar 8.32 – *Dog-tracking trailer*

As roda pada kendaraan trailer dapat juga mengalami kehilangan kesejajaran dan menyebabkan masalah tracking (Gambar 8.32). Tergantung dari keparahan ketidaklurusan (*misalignment*) pada trailer, ada kemungkinan kita dapat melihat efek ketidaksejajaran tersebut ketika trailer sedang berjalan di jalan. Biasanya, trailer akan berjalan miring dari traktornya. Ini biasanya disebut *dog-tracking*.

Ukuran *Axle alignment*

Untuk as roda tandem, penyetelan, ukuran dan spesifikasi untuk *forward rear axle* adalah sama seperti as roda pendorong tunggal (*single drive axle*). *Forward rear axle* harus lurus dalam jarak 3 mm. Kita juga perlu memeriksa dan memastikan bahwa as-as roda belakang sejajar dengan *forward-rear axle*.

Sebuah *trammel bar* atau pita ukur dapat digunakan untuk mengukur dari titik tengah *hub* pada masing-masing sisi kendaraan. Ukuran ini harus dalam 6 mm satu dengan yang lain. Jika salah satu as roda atau kedua as roda tidak sejajar, maka akan timbul masalah pada *steering* (kemudi) dan aus pada ban.

Axle Offset

Gambar 8.33 – *Axle offset*

Masalah lain adalah as roda yang tidak ditempatkan ditengah-tengah dengan garis tengah kendaraan (Gambar 8.33). Bila as roda mengalami *offset* dan kendaraan di-*steering* (kemudi)kan lurus di jalan, roda *steering* (kemudi) akan lurus dan kendaraan tidak akan mengalami *dog track*, tetapi bila pada saat akan berbelok, kendaraan akan mengalami *oversteer* dalam satu arah dan *understeer* dalam arah yang lain.

STEERING **(KEMUDI) TERPUSAT**

Bila sebuah *steering box* dijadikan terpusat, *steering box* tersebut akan memiliki jumlah putaran yang sama dari posisi pusat ke penguncian penuh (*full lock*), ke kiri dan ke kanan. Jika tidak terpusat, kendaraan tidak akan dapat melakukan putaran “U” dalam radius tertentu ke ke samping dengan jumlah putaran roda *steering* (kemudi) yang paling sedikit. Ini disebabkan karena *steering box* yang sampai pada ujung pergerakan internalnya sebelum *steering arm* menyentuh *steering stop*. Jika kendaraan dilengkapi dengan *power steering*, masalah lain dapat timbul jika *steering box* tidak terpusat.

Valve hidraulik yang mengoperasikan *power steering* dapat mendeteksi secara keliru bahwa kendaraan sedang berbelok di persimpangan, yang akan menimbulkan dukungan hidraulik yang menyebabkan kendaraan tertarik ke satu sisi. Oleh karena itu, yang penting adalah bahwa *steering box* dipusatkan sebelum penyejajaran roda dimulai.

Steering Box Manual

FUNGSI

Steering box pada dasarnya merupakan sebuah *reduction gear* yang memberikan manfaat mekanis besar (atau pengungkitan) dari roda *steering* (kemudi) ke roda depan. Ini memungkinkan operator menjaga kendali arah kendaraan dengan tenaga fisik minimum. *Reduction gear* juga mencegah sebagian besar kejutan jalan yang diteruskan ke roda *steering* (kemudi) dari roda-roda depan jika roda-roda depan menabrak perintang atau lubang. *Steering box* memiliki tiga fungsi, yaitu:

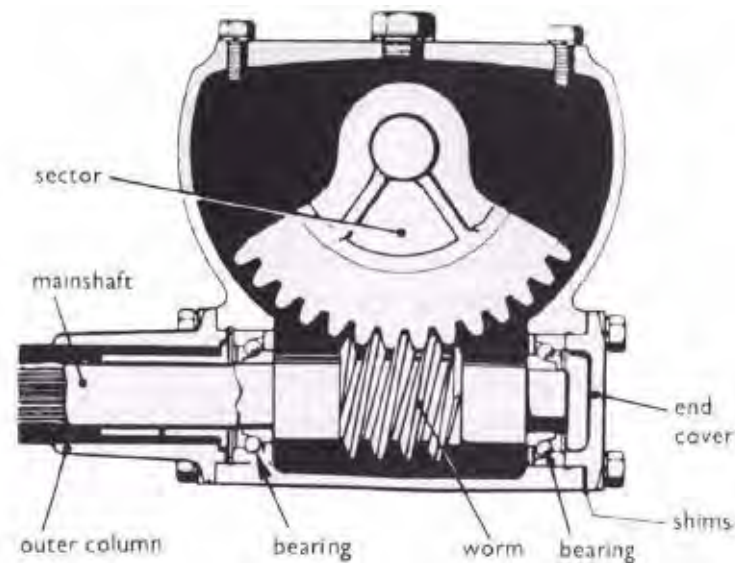
1. Mengubah gerakan putar roda *steering* (kemudi) menjadi gerakan lurus/linear *steering linkage*.

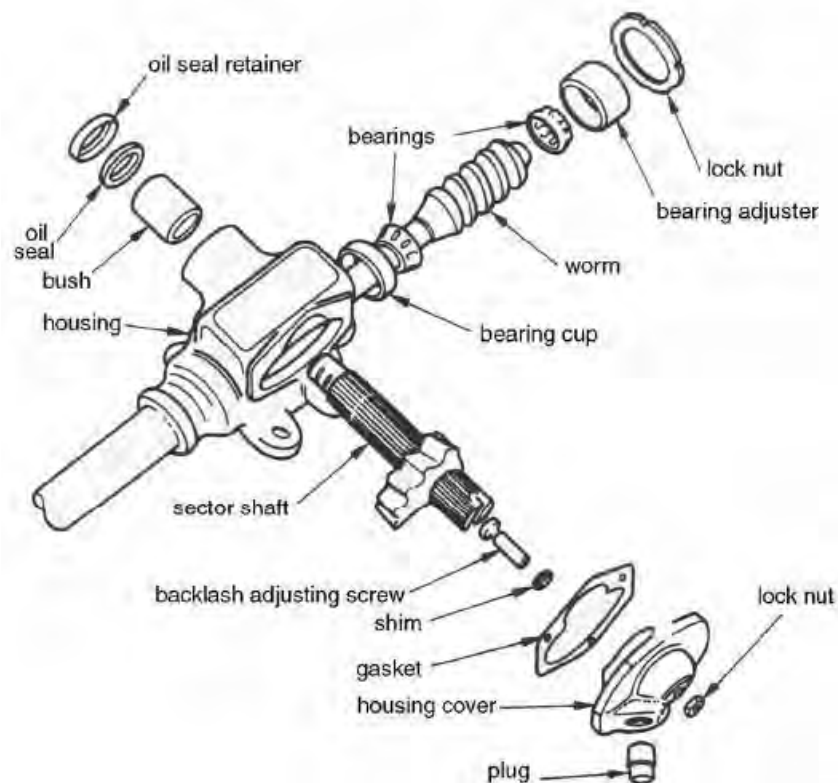
2. Melipatgandakan gaya yang diberikan operator ke dalam roda *steering* (kemudi).

3. Mengurangi transmisi kejutan jalan ke operator.

Steering box manual digolongkan menurut prinsip kerja dasar mereka. Ini termasuk:

- *Worm* dan *sector*
- *Worm* dan *peg*
- *Worm* dan *roller*
- *Recirculating ball*.

WORM & SECTOR STEERING BOX

Gambar 8.34 – Susunan dasar sebuah *worm* & *sector steering*

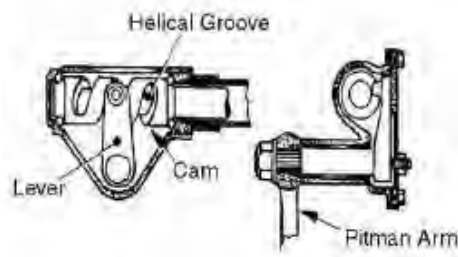
Prinsip kerja *steering box* ini dapat dianggap mirip dengan *wormshaft* yang menggerakkan roda bergigi (*toothed wheel*). Saat *wormshaft* berputar, roda bergigi akan berputar; yaitu gerakan putar *worm* diubah menjadi gerakan putar roda (Gambar 8.34).

Gambar 8.35 – *Worm* & *sector steering box* yang umum

Semua komponen *steering box* terdapat di dalam sebuah *cast housing* yang dibautkan pada chassis kendaraan (Gambar 8.35).

Wormshaft dipasang di antara dua *ball roller bearing* atau *tapered roller bearing*, dan beban awal *bearing* (*bearing preload*) disetel dengan sebuah *threaded adjuster* atau dengan menggunakan *shim*. *Preload* menghilangkan semua *endplay* atau gerakan aksial *wormshaft* ketika sedang menopang beban. Dua atau lebih *bearing* menopang *sector shaft* dan ini dapat berupa *plain roller bearing* atau *needle roller bearing*.

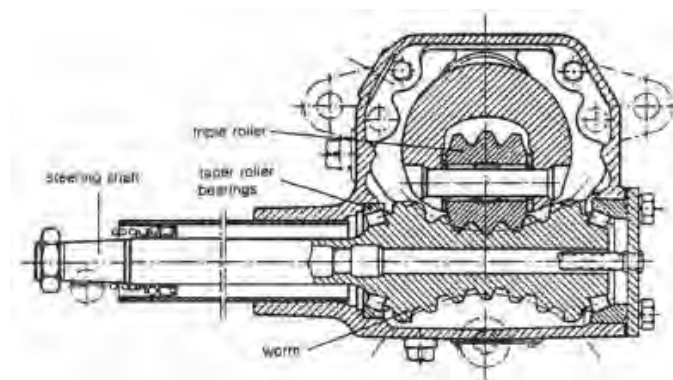
Bearing ini memberikan dudukan yang kuat untuk *sector shaft* dan mencegahnya dari penyimpangan yang disebabkan oleh gaya *steering* (kemudi). Sekerup penyetel mengontrol *backlash* (selip balik) atau pertautan (*mesh*) antara *wormshaft* dan *sector shaft teeth*. *Sector teeth* sedikit tirus dan pertautan akan erat (selip balik akan berkurang) karena sekerup penyetel disekerupkan kearah

dalam. Kepala sekerup penyetel selip balik mengikat slot “T” pada ujung *sector shaft*.

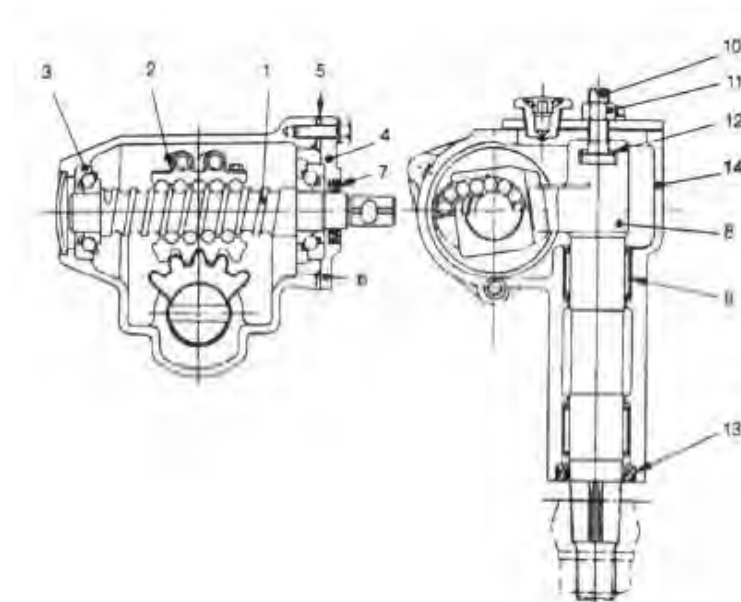
Worm & Peg Steering Box

Gambar 8.36 – *Worm peg* (*Cam* & *Lever*)

Bentuk *steering box* jenis ini, yang operasinya mirip dengan *worm* & *sector*, juga disebut sebagai jenis *Cam* & *Lever*. Gigi-gigi *sector* diganti dengan satu atau dua *peg*. *Peg* tirus dan keras ini mengikuti slot spiral halus yang berbentuk ulir (Gambar 8.36).

Peg-peg tersebut merupakan bagian dari *sector shaft lever*, yang dipasang padanya, atau dipasang di dalam susunan *roller bearing* untuk mengurangi friksi/gesekan.

Worm & *Roller Steering Box*

Gambar 8.37 – *Hourglass worm* & *roller steering box*

Worm & *roller* merupakan versi *worm* & *sector steering box* yang lebih efisien dan dilengkapi dengan sebuah *roller* yang dipasang pada *ball bearing* yang membuat kontak luncur (*rolling contact*) dengan *worm* (Gambar 8.37). *Roller* ini menggantikan *sector teeth* dan banyak mengurangi gesekan. *Worm* tidak paralel tetapi tirus dari masing-masing ujung kearah tengah dalam bentuk jam gelas (*hourglass*) atau *egg-timer*. Bentuk ini memungkinkan *roller* tetap dalam posisi kontak penuh dengan *worm* selama putaran penuh *sector shaft*. Penyetelannya mirip dengan *worm* dan *sector steering box*.

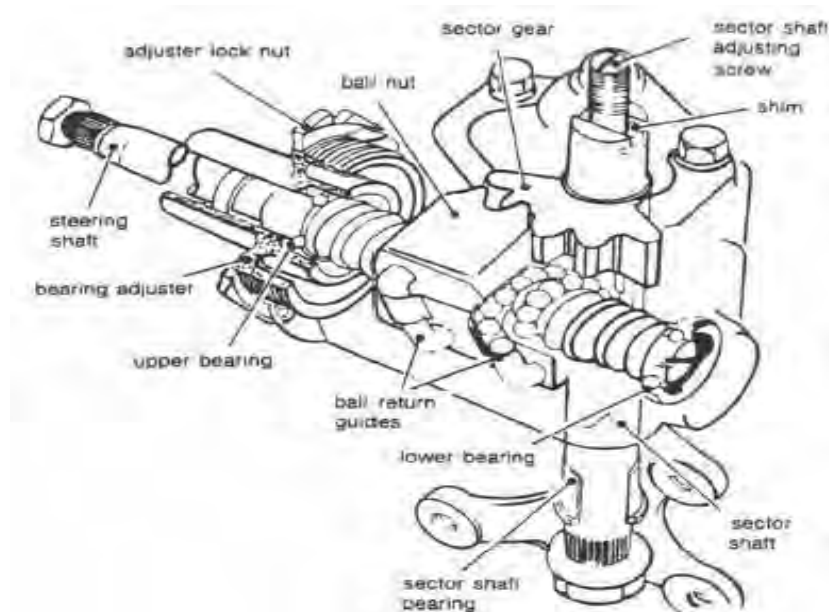
RECIRCULATING-BALL STEERING BOX

Gambar 8.38 – *Recirculating-ball steering box* umum

1. *wormshaft*
2. *ball nut*
3. *worm bearing*
4. *rear cover*
5. *bearing shim*
6. “O”-*ring*
7. *oil seal*
8. *sector shaft*
9. *sector shaft bearing*
10. *adjusting screw*
11. *lock nut*
12. *adjusting shim*
13. *oil seal*
14. *steering box housing*.

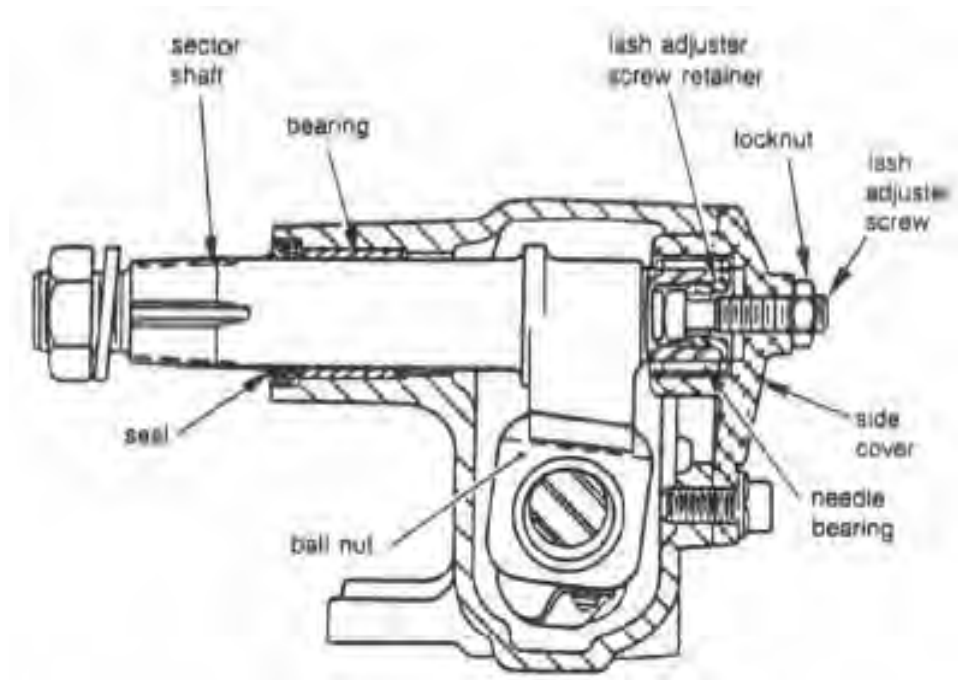
Prinsip kerja jenis *steering box* ini dapat diuraikan sebagai sebuah mur (*nut*) yang diulir pada sebuah baut (*bolt*). Bila baut diputar, mur akan bergerak ke atas atau ke bawah baut; yaitu, gerakan putar baut diubah menjadi gerakan linier mur.

Di dalam *recirculating ball steering box* (Gambar 8.38), “baut” dan “mur”, yang disebut *wormshaft* dan *ball nut*, tidak pernah kontak satu dengan yang lainnya. Keduanya dipisahkan oleh bola-bola baja yang menggelinding dan menjaga friksi antara *wormshaft* dan *ball nut* pada tingkat yang sangat rendah. Alur pada *ball nut* dan *wormshaft* berbentuk ulir dan bola-bola baja duduk di ke dalam alur (*groove*) tersebut. Bila operator memutar roda *steering* (kemudi), *wormshaft* akan berputar dan, ketika bola-bola tersebut menggelinding di dalam alurnya, *ball nut* bergerak di sepanjang *wormshaft*.

Dua *loop* bola biasanya digunakan, dan *guide* dipasang pada bagian luar *ball nut* untuk mencegah agar bola-bola tidak menggelinding keluar dari masing-masing ujung. Bila bola-bola tersebut mencapai ujung sirkuitnya, mereka akan menggelinding melalui *guide* dan kembali ke lubang alur (*groove*) pada ujung lain dimana bola-bola tersebut mengulangi siklus. Dengan cara ini, bola-bola tersebut disirkulasi secara terus menerus pada saat *wormshaft* berputar. *Ball nut* memiliki gigi-gigi pada bagian luarnya yang bertautan dengan gigi-gigi pada *sector shaft*.

Pada saat *ball nut* bergerak naik dan turun pada *wormshaft*, gigi-gigi yang bertautan memutar *sector shaft*. Pada gilirannya, *sector shaft* menggerakkan *drop arm* yang menggerakkan *steering linkage*.

Gambar 8.39 – Pandangan lengkap *recirculating-ball steering box*

Semua komponen *steering box* berada di dalam sebuah *cast housing* yang dibautkan pada *chassis* kendaraan (Gambar 8.39). Dua alat penyetel disediakan dan juga sebuah lubang penyaring bahan pelumas. *Wormshaft* dipasang di antara dua *ball roller bearing* atau *tapered roller bearing*, dan beban awal *bearing* (*bearing preload*) disetel dengan menggunakan *adjuster* berulir atau *shim*. *Preload* menghilangkan semua *endplay* atau gerakan aksial *wormshaft* ketika sedang menopang beban.

Dua atau lebih *bearing* menopang *sector shaft* dan ini dapat berupa *plain roller bearing* atau *needle roller bearing*. *Bearing* ini memberikan dudukan yang kuat untuk *sector shaft* dan mencegahnya menyimpang karena gaya *steering* (kemudi).

Gambar 8.40 – Penampang melintang sebuah *recirculating ball steering box*

CATATAN: Gigi-gigi luar pada bola ditirus untuk penyetelan selip balik (*backlash*).

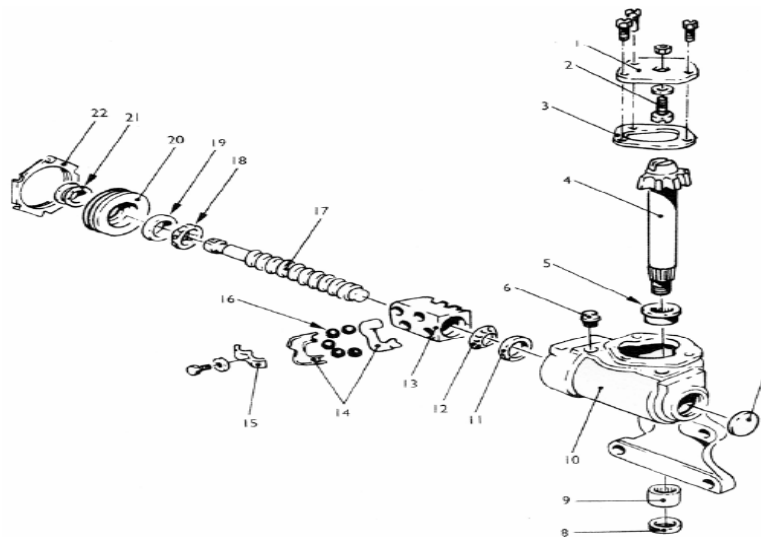
Sekerup penyetel mengontrol *backlash* (selip balik) atau pertautan (*mesh*) antara gigi-gigi *ball nut* dan gigi-gigi *sector shaft*. Kedua kumpulan gigi tersebut dibuat tirus (*tapered*) dan pertautannya akan erat (selip balik akan berkurang) pada saat sekerup penyetel disekerupkan ke arah dalam (Gambar 8.40).

Penyetelan *steering box*

Bila terjadi kelonggaran berlebihan di dalam *steering box*, penyetelan dapat mengembalikannya ke spesifikasi pabrik. Dua penyetelan mungkin dibutuhkan, tetapi harus dilakukan dengan urutan yang benar. Sebelum penyetelah *steering box* dilakukan, *drag link* harus dilepas dari *drop arm* untuk mencegah kesalahan dalam pembacaan. Buku pedoman bengkel harus digunakan untuk memperoleh urutan dan spesifikasi yang benar.

Menyervis *Recirculating-Ball Steering Box*

Urutan sistematis harus diikuti untuk membongkar dan merakit kembali sebuah *steering box*. Untuk *box* tertentu, keterangan rinci harus diperoleh dari buku pedoman penyervisan. Berikut ini adalah pokok-pokok dalam urutan yang umum untuk *disassembly* sebuah *recirculating-ball steering box*.

Disassembly

Gambar 8.41 – Gambar sebuah *recirculating-ball steering box* yang diperbesar

1. *cover*

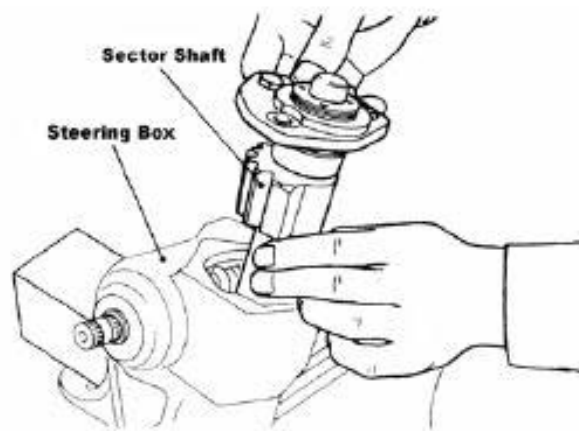
9. *bearing*

17. *input* atau *main shaft*

2. *adjusting screw*	10. *housing*	18. *ball* dan *cage*
3. gasket	11. *bearing cup*	19. *bearing cup*
4. *sector shaft*	12. *ball* dan *cage*	20. *input shaft bearing adjuster*
5. *bearing*	13. *ball nut*	22. *input shaft seal*
6. *plug*	14. *ball return guide*	22. *locknut*
7. *plug*	15. *retainer*	
8. *seal*	16. *ball*	

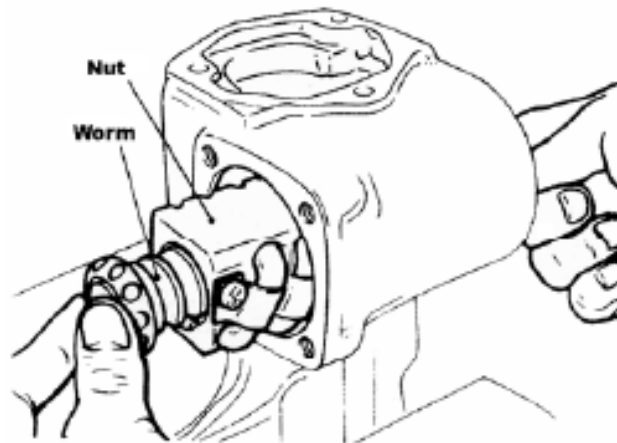
Komponen-komponen yang dibongkar pada *steering box* diperlihatkan pada Gambar 8.41 dan acuan yang diperlihatkan di dalam kurung mengacu pada gambar tersebut. Untuk membongkar *box*, lakukan langkah-langkah berikut:

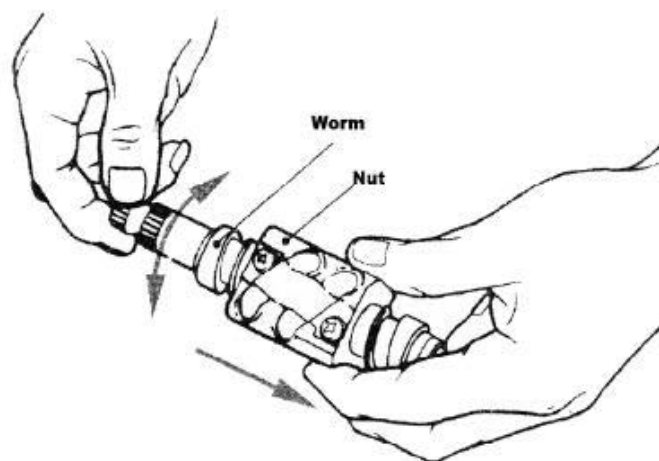
1. Pusatkan *steering box*. Ini perlu agar *sector* akan akan berada dalam posisi dimana komponen ini tidak menghalangi *housing* ketika sedang dikeluarkan.

2. Lepaskan baut-baut dari tutup samping atau tutup atas (1).

Gambar 8.42 – Melepaskan *sector shaft*

3. Lepaskan tutup (*cover*) dari *housing*. *Sector shaft* dan *cover* dihubungkan oleh sekerup penyetel (*adjusting screw*) (2), dan kedua bagian ini harus dilepas secara bersamaan. Lihat Gambar 8.42.

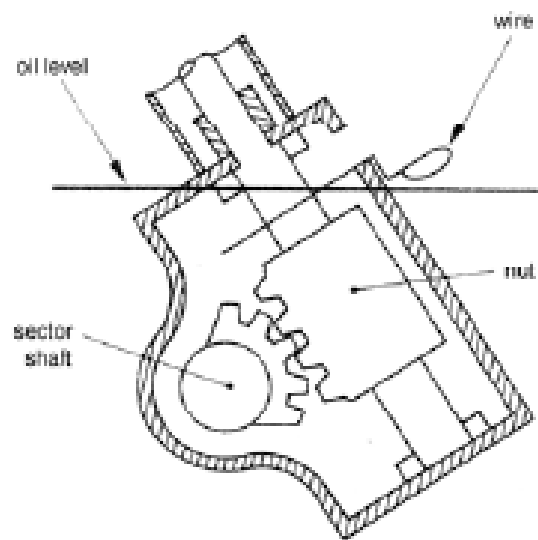
4. *Adjusting screw* dapat disekerupkan ke arah dalam di dalam *cover* dan ini akan membuat *sector shaft* (4) dapat dilepaskan dari kepala *adjusting screw*. Kepala *adjusting screw* duduk di slotnya di ujung *sector shaft*.

5. Longgarkan *input shaft locknut* (22) dan lepaskan *bearing adjuster* (20) dari *housing*-nya. Ini memungkinkan *upper bearing* (18) dapat dilepas.

Gambar 8.43 – Melepas *mainshaft*

6. Tarik dengan hati-hati *input shaft* (17) dan *ball nut* (13) dari *housing*-nya sebagai satu rangkaian, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8.43. Hati-hati agar *ball nut* tidak meluncur ke bawah ke salah satu ujung *worm*, karena ini dapa merusak *ball return guide*.

Gambar 8.44 – Memeriksa *ball nut* pada *worm*

7. *Ball nut* tidak perlu dilepas dari *worm* kecuali bila permukaan *ball nut* atau *worm* terasa kasar. Periksa seperti diperlihatkan pada Gambar 8.44. Untuk melepas *nut* dari *worm*, *bolt* atau *nut* yang menahan *ball-return guide* dilepas. *Guidesteering* (kemudi)an dilepas dari *ball nut*, dan *ball* digelindingkan keluar dari *nut*.

8. *Ball race* dan *bearing* dilepaskan hanya jika perlu untuk diganti dengan yang baru.

Reassembly

Gambar 8.45 – Memeriksa ketinggian permukaan bahan pelumas di dalam *steering box*; sepotong kawat dapat dibentuk menjadi *dipstick*.

Reassembly dilakukan dengan urutan kebalikan dari *disassembly*. *Input shaft* dipasang terlebih dulu dan *bearing*-nya disetel. *Sector shaftsteering* (kemudi)an dipasang dan disusul dengan penyetelan *mesh*. Langkah akhir adalah mengisi *steering box* dengan bahan pelumas sampai ketinggian permukaan yang benar. Ini dapat berupa oli transmisi SAE 90 atau *grease* setengah cair khusus (Gambar 8.45).

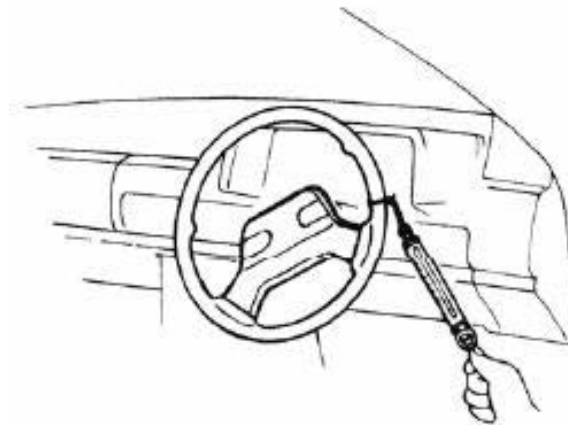
Selama perangkaian, ulir pada semua baut dan *adjuster* dilapisi dengan *sealer* (bahan penyekat) tahan oli untuk mencegah kebocoran oli.

Penyetelan *Input-Shaft Bearing*

Tujuan penyetelan *input-shaft* atau *mainshaft bearing* adalah untuk memastikan bahwa *mainshaft* ditopang dengan aman di dalam *bearing*-nya.

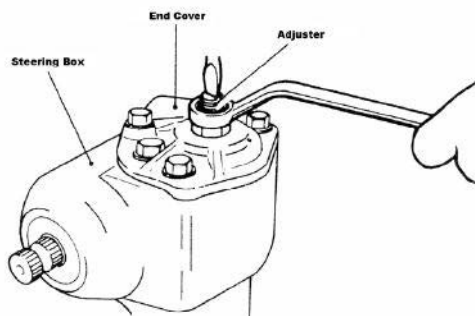
Untuk penyetelan yang benar, tidak boleh ada *endplay* (kelonggaran bagian ujung) dan tidak ada ikatan di dalam *bearing*, walaupun beban awal (*preload*) ringan diberikan di dalam beberapa box. Penyetelan *mainshaft* harus selalu dilakukan terlebih dulu, dengan setelan *mesh* dilepas.

Locknut dilonggarkan terlebih dulu, biasanya dengan *spanner* khusus, dan penyetelan *steering* (kemudi)an dilakukan dengan mengencangkan atau melonggarkan *bearing adjuster* untuk membawa *preload* dalam batas-batas yang ditetapkan. Hanya *preload* ringan yang dibutuhkan.

Memeriksa *Preload*

Gambar 8.46 – Memeriksa beban awal (*preload*) *steering box* dengan timbangan tarik (*pull scale*)

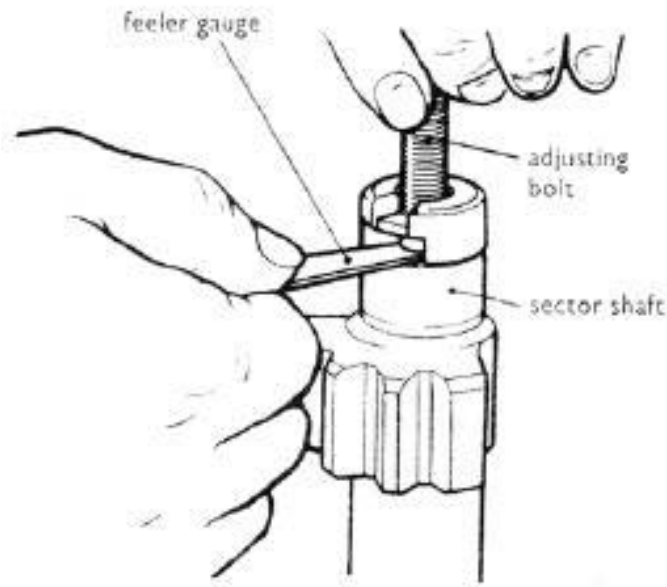
Beban awal (*preload*) dapat diperiksa dengan menggunakan timbangan pegas (*spring scale*) yang dipasang pada ujung luar sebuah *steering wheel spoke*. Timbangan ini ditarik dalam arah yang menyiku terhadap jari-jari roda, dan pembacaan dilakukan pada saat roda sedang bergerak. Spesifikasi umum untuk *steering box* yang diilustrasikan adalah 0,4 sampai 0,6 Nm (Gambar 8.46).

Perlu diketahui bahwa beban awal *mainshaft bearing* hanya diperiksa pada waktu ini. Ini akan dilakukan sesegera mungkin setelah *mainshaft* dipasang, dan sebelum *sector shaft* dipasang. (Istilah *mainshaft* dan *input shaft* digunakan untuk *shaft* yang membawa *worm*. Istilah ini umumnya dapat dipertukarkan).

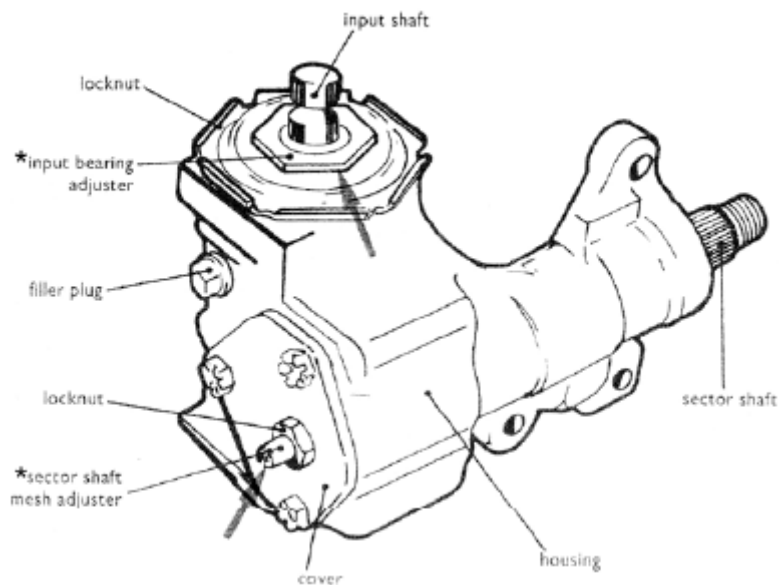
Penyetelan *Mesh*

Gambar 8.47 – Menyetel *sector shaft* (penyetelan *mesh*)

Selama *disassembly steering* box, penyetelan *mesh* selalu dilakukan setelah penyetelan *mainshaft bearing*, dan itu harus selalu dilakukan dengan *steering box* dalam posisi *straight ahead* (lurus ke depan).

Untuk memusatkan *steering* biox, putar roda *steering* (kemudi) dari *lock* ke *lock*, sambil menghitung jumlah putaran. Ini *steering* (kemudi)an dibagi dua untuk menemukan posisi tengah (*center*). *Steering box* dirancang untuk memiliki *clearance* yang paling kecil di tengah. Jika penyetelan dilakukan pada tempat lain, pengikatan akan terjadi di posisi tengah.

Adjuster (Gambar 8.47) dipasang pada tutup (*cover*). *Adjuster* harus menerima kejutan jalan yang dikirim melalui *sector shaft*. *Adjuster* harus juga memposisikan *sector shaft* untuk mencapai *mesh clearance* yang benar diantara *gear teeth*.

Gambar 8.48 – Memeriksa *clearance* pada baut penyetel di dalam slot "T" pada *sector shaft*

Gambar 8.48 memperlihatkan bagaimana kepala dari sekerup penyetel (*adjusting screw*) *sector shaft* duduk di dalam slot "T". *Shim washer* di bawah kepala sekrup peyetel membatasi celah pada titik ini sampai maksimum 0,05mm. Celah antara gigi-gigi *sector gear* dan gigi-gigi pada *ball nut* diubah dengan menyetel sekerup ini. Ini memungkinkan karena gigi-gigi pada *sector gear* memiliki *bevel* ringan, yang membuatnya berbentuk pasak (*wedge*), sehingga pada saat sekerup penyetel disekerupkan ke arah dalam, gigi-gigi *sector* dan *nut* dibuat menjadi lebih erat satu dengan lainnya untuk mengurangi *clearance*. *Mesh* pada gigi-gigi disetel sampai tarikan tertentu pada roda *steering* (kemudi) diperlukan untuk memutar *worm* melewati titik tengahnya. Ini sekarang menjadi beban awal (*preload*) total dan termasuk beban awal (*preload*) pada *mainshaft bearing* dan beban awal pada gigi-gigi tersebut.

Penyetelan *steering box* Jenis *Worm*

Gambar 8.49 – Bagian-bagian luar sebuah *steering box* dengan penyetelan yang diperlihatkan dengan tanda bintang.

Ada dua penyetelan terpisah yang umum digunakan untuk semua *steering box* jenis *worm*, walaupun metode penyetelan berbeda untuk *steering box* yang berbeda.

Penyetelan tersebut adalah:

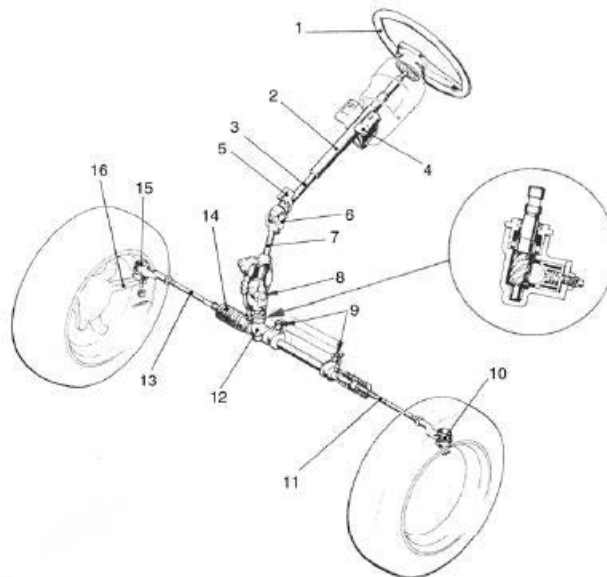
1. *Input shaft* (*mainshaft*) *bearing*
2. *Mesh* pada *worm* dan *sector teeth*, atau bagian-bagian pertautan (*meshing*) yang serupa di dalam *steering box* rancangan yang lain.

Beberapa *steering box* memiliki penyetelan dengan sekerup, yang dapat diakses dengan *steering box* tetap terpasang di dalam kendaraan. *Steering box* yang lain memiliki penyetelan dengan *shim* yang biasanya dapat diakses hanya dengan *steering box* dalam keadaan dilepas dari kendaraan.

Jika penyetelan sedang dilaksanakan di dalam kendaraan, *ball joint* harus dilepas dari *pitman arm* sehingga *steering box* diisolasi dari *drag* pada *linkage*. Jika ini tidak dilakukan, penyetelan yang akurat tidak akan tercapai. Penyetelan

dengan *steering box* dalam keadaan tetap terpasang di dalam kendaraan terutama terbatas pada penyetelan *mesh*.

Tampak luar sebuah *recirculating-ball steering box* diperlihatkan di dalam Gambar 8.49. *Steering box* jenis ini dilengkapi dengan alat penyetel jenis sekerup (*screw-type adjuster*) untuk *input shaft bearing*-nya, dan *screw-type adjuster* lain di dalam *cover* untuk penyetelan *mesh*. *Steering box* yang lain dari rancangan yang serupa dilengkapi dengan alat penyetel jenis *shim* untuk *input shaft bearing*; *shim* digunakan di antara *end cover* dan *housing*.

STEERING (KEMUDI) *RACK* & *PINION*

Gambar 8.50 ***Rack And Pinion Steering***

Keterangan gambar 8.50

1. steering wheel	*7. intermediate shaft*	*13. right-hand tie rod*
2. column	*8. universal joint*	*14. bellow*
3. mainshaft	*9. mounting*	*15. ball joint*
4. mounting	*10. ball joint*	*16. steering arm*
5. mounting	*11. left-hand tie-rod*	
6. universal joint	*12. steering gearbox*	

Steering system (sistem *Steering* (kemudi)) *rack* & *pinion* diperlihatkan di dalam Gambar 8.50. *Steering system* (sistem *Steering* (kemudi)) ini dilengkapi dengan sebuah roda *steering* (kemudi), *mainshaft*, *universal joint* dan *intermediate shaft*. Bila roda *steering* (kemudi) diputar, gerakan ditransfer oleh *shaft* ke *pinion*. *Pinion* dihubungkan dengan gigi-gigi *rack*, sehingga putaran *pinion* menggerakkan *rack* dari sisi ke sisi.

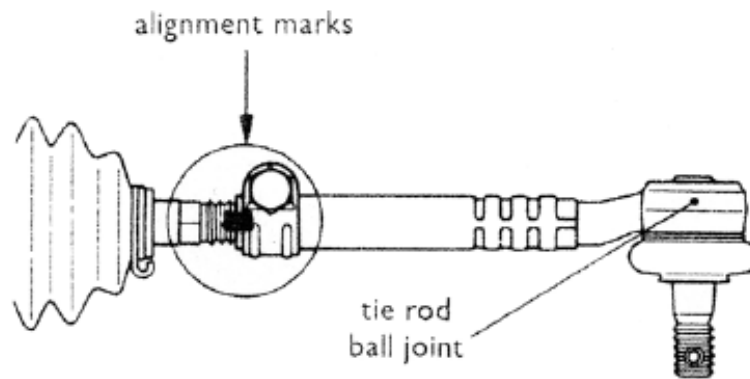
Ujung-ujung *rack* dihubungkan ke arm pada *steering knuckle* oleh *tie rod*, sehingga gerakan *rack* memutar *knuckle* dan memutar roda pada suatu sudut untuk pengemudian. *Ball joint* diberikan pada ujung-ujung *rack* dan *tie rod*, dan juga di antara *tie rod* dan *steering knuckle*. Ini memberikan pergerakan *steering* (kemudi) dan suspensi.

Ada tiga dudukan (*mounting*) pada badan kendaraan: *mainshaft* dan *steering column* ditopang oleh sebuah dudukan di *dash*, *intermediate shaft* memiliki sebuah dudukan pada badannya, dan *rack*-dan-*pionon steering box* memiliki dua buah dudukan.

Steering (kemudi) *Rack* & *pinion* adalah sebuah sistem yang ringkas yang digunakan pada banyak mobil penumpang. *Steering* (kemudi) *rack* & *pinion* bekerja langsung dan karenanya memiliki lebih sedikit komponen penghubung (*linkage*) bila dibandingkan dengan sistem yang lain. *Intermediate shaft* dan *universal joint* memungkinkan *steering box* dipasang di tengah-tengah badan.

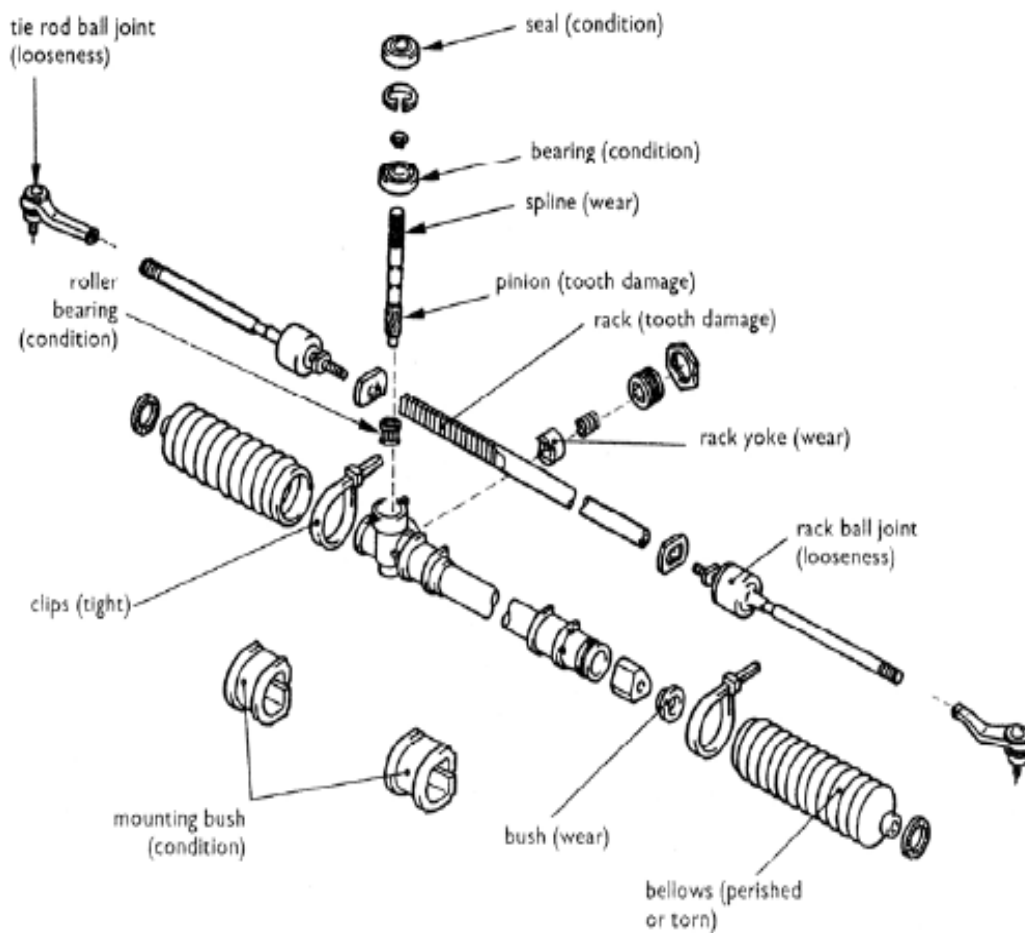
Penyervisan *Rack* & *pinion Steering Box*

Rack & *pinion steering box* yang dibongkar diperlihatkan di dalam Gambar 8.52 dan gambar 8.53. Uraian mengenai prosedur *disassembly*-nya adalah sebagai berikut:

1. Topang *steering box* di dalam sebuah *vice*, yang dilindungi dengan *jaw* yang lunak.

Gambar 8.51 – Posisi *tie rod* harus ditandai sebelum dilepas

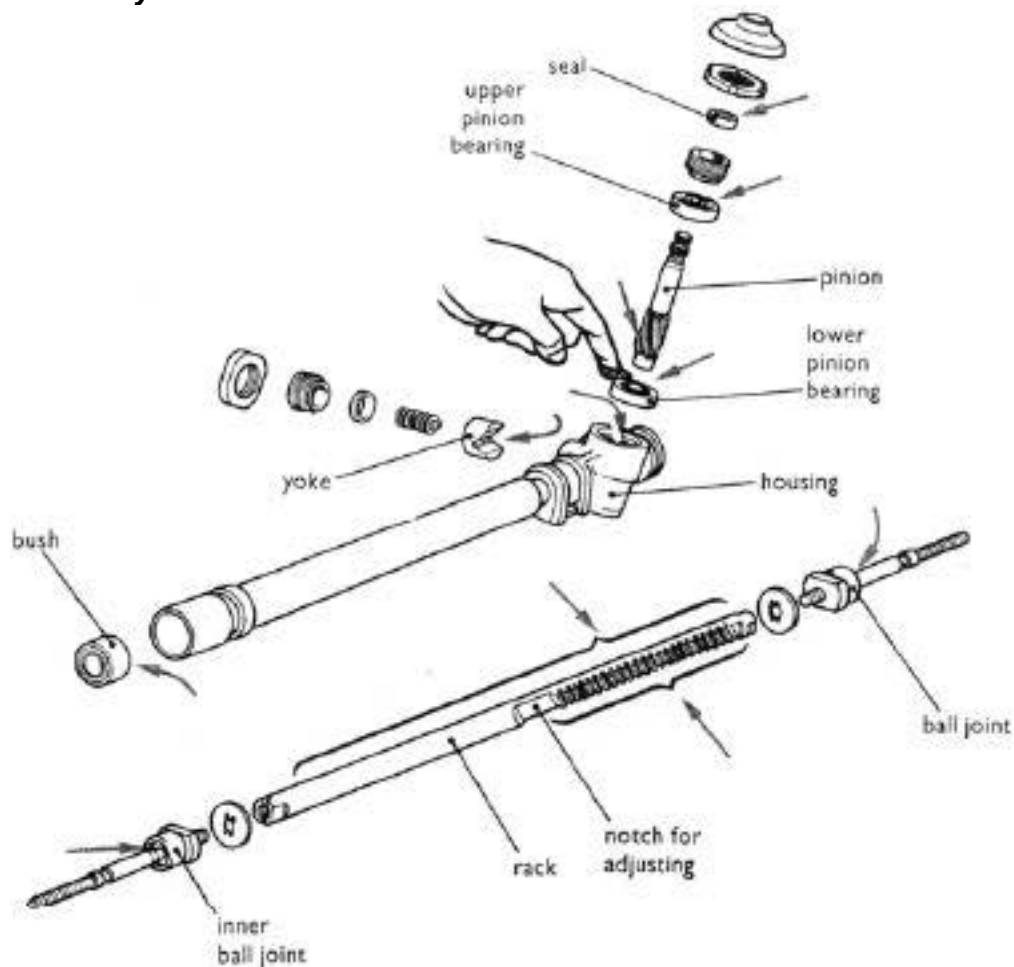
2. Tandai posisi *ball joint* pada ujung luar *tie rod* dan lepaskan dari *tie rod* dengan melonggarkan bautnya; hitung jumlah putaran (Gambar 8.51). Mereka akan harus dipasang kembali dalam posisi yang sama sehingga *toe-in* roda-roda depan tidak akan berubah.
3. Lepaskan *locknut* dari *tie rod* sebelum melepas *bellow*.
4. Lepaskan *clip* yang mengikat *bellow* pada *tie rod* dan *housing*. Lepaskan *bellow* dari *housing* dan geser sampai lepas dari *tie rod*.
5. *Tie rod* dapat dilepas dari ujung-ujung *rack* dengan melepaskan *ball joint-ball joint* pada ujung-ujung sebelah dalam pada *tie rod*. *Rack* harus ditopang bila *ball joint* sedang dilepas.
6. Longgarkan *locknut* pada *yoke plug*, lepaskan *plug* dari *housing* dan lepaskan *yoke*.
7. Cungkil *pinion shaft oil seal* dari puncak pinion *housing*.
8. Lepaskan *circlip* dari *pinion housing* dan tarik *pinion* dan *bearing*.
9. Lepaskan *rack* dari *steering box housing*.

Hal-hal tersebut di atas secara umum berhubungan dengan semua *rack-and-pinion steering box*, tetapi ada sejumlah variasi rancangan.

Inspeksi Komponen

Gambar 8.52 – Rangkaian *Rack-and-pinion steering box* – Inspeksi komponen

Ketika dibongkar, komponen-komponen harus diinspeksi seperti diperlihatkan di dalam Gambar 8.52. Umumnya:

1. Periksa semua komponen apakah mengalami aus dan rusak
2. Periksa kondisi *bearing*
3. Pastikan bahwa *bellow* tidak sobek dan rusak
4. Inspeksi apakah *rack* bengkok
5. Pastikan tidak ada aus berlebihan di antara *rack* dan *bush* di dalam *housing*.

Reassembly

Gambar 8.53 – Pelumasan bagian-bagian *steering box* selama perangkaian; tanda panah menunjukkan bagian-bagian yang dilumuri dengan *grease*

Reassembly umumnya dilakukan dengan urutan kebalikan dari *disassembly*. Selama *reassembly*, *rack* dan komponen-komponen bergerak lain dilapisi dengan bahan pelumas tertentu (Gambar 8.53). *Grease* dengan bahan dasar lithium sering digunakan.

Penyetelan *Pinion*

Di dalam beberapa *steering box*, *pinion shaft bearing* dilengkapi dengan sebuah *preload* ringan, dan sekrup penyetel disediakan untuk tujuan ini. *Preload* ini dapat diperiksa denan menggunakan timbangan tarik (*pull scale*) dan tuas (*lever*) yang dihubungkan ke *pinion shaft*. Hanya *preload* ringan yang digunakan.

Penyetelan *Rack-Support Yoke*

Rack-support yoke digunakan untuk menopang *rack* dan menahan gigi-giginya tetep berhubungan dengan *pinion*. *Yoke* ini memiliki sebuah sekerup penyetel yang memungkinkannya untuk disetel dengan celah minimum pada bagian belakang *rack*. Sekerup penyetel dikecangkan dengan *torque* (torsi) ringan dan *steering* (kemudi)an dimundurkan beberapa derajat untuk memberikan sedikit celah. Pegas yang tertekan memberikan dorongan pada *yoke*.

STEERING FAULT

Tabel di bawah ini mencantumkan gangguan-gangguan umum pada *steering* dan kemungkinan penyebabnya.

Gejala	Penyebab yang Mungkin
Steering (kemudi) longgar	• Penyetelan *wheel bearing* depan tidak benar • *Lingkage ball joint* longgar • Dudukan *steering box* longgar • *Steering box* mengalami aus dan disetel tidak benar.
Steering (kemudi) berat	• Tekanan ban tidak benar • Roda depan tidak sejajar • Penyetelan *steering box* yang kencang • Kurang pelumasan • *Power steering* tidak bekerja, jika ada.
Steering (kemudi) dan suspensi mengeluarkan bunyi gemeretak	• Sambungan *linkage* longgar • Dudukan (*mounting*) longgar • Sambungan suspensi longgar • Pegas patah
Steering (kemudi) berguncang	• Kesejajaran ujung-belakang tidak benar • Roda-roda tidak seimbang • Sambungan *linkage* longgar
Kendaraan menarik ke satu sisi	• Tekanan ban tidak merata • Kesejajaran roda depan tidak benar • Pegas (*spring*) melengkung atau patah
Ban berdenyit ketika	• Tekanan ban rendah

berbelok	• Kesejajaran roda tidak benar • Pegas melengkung atau patah
Oleng dari sisi ke sisi jalan	• Kesejajaran roda tidak benar • Tekanan ban tidak benar • Ban tidak rata • Sambungan *steering* (kemudi) longgar • Penyetelan *steering box* longgar • Pegas melengkung.

Tabel 8.1 – *Steering fault*

II. Rangkuman

1. komponen-komponen sistem kemudi dan poros roda
    - *chassis*
    - *stub axle*.
    - *king pin*.
    - axle beam.
    - *streering box.*
    - *pitman arm.*
    - *drag link.*
    - *streering arm.*
    - *ackerman arm*
    - *steering column*
2. fungsi dan cara kerja komponen sistem kemudi dan poros roda
    a. ***Stub axle***

    bagian *steering knuckle* yang di-*steering* (kemudi)kan oleh *steering linkage* dan berputar (ber-*pivot*) mengitari *kingpin*.

    b. ***Steering Box***

    menggandakan *torque* (torsi) *steering* (kemudi) (*steering torque*) dan mengubah arahnya saat diterima melalui *steering shaft* dari roda *steering* (kemudi).

    c. ***King Pin***

    untuk mengurangi jarak antara titik kontak garis tengah poros roda *steering* (kemudi) dan garis tengah ban pada permukaan tanah.

    d. ***Pitman Arm***

    untuk mengubah gerakan putar *steering gear output shaft* menjadi gerakan linear.

    e. ***Drag Link***

    untuk memusatkan *steering gear* dengan roda-roda *straight ahead* (lurus kedepan).

    f. ***Axle Beam***

    untuk membawa dan menopang berat kendaraan dan memberikan permukaan pasang (*mounting surface*) untuk sistem suspensi.

    g. ***steering damper:***

Menjaga kendali kendaraan lebih aman, Meningkatkan kestabilan arah, Mengurangi aus ban, Meningkatkan usia pakai komponen.

h. ***Steering arm***

mengendalikan gerakan *steering* knuckle di sisi pengemudi.

i. ***Steering Column***

mentransfer *input* yang diberikan pengemudi ke *steering gear*.

3. Penyetelan Sistem Kemudi dan poros roda

   Dalam sistem kemudi yang perlu membutuhkan penyetelan adalah sebagai berikut

   a. Penyetelan *steering box*
   b. Penyetelan *Input*-*Shaft Bearing*
   c. Penyetelan *Mesh*
   d. Penyetelan *steering box* Jenis *Worm*
   e. Penyetelan *Pinion*
   f. Penyetelan *Rack*-*Support Yoke*

4. Prosedur Penyervisan *Rack* & *pinion Steering Box*

   a. Topang *steering box* di dalam sebuah *vice*
   b. Tandai posisi *ball jioint* pada ujung luar *tie rod* dan lepaskan dari *tie* rod dengan melonggarkan bautnya
   c. Lepaskan *locknut* dari *tie rod*
   d. Lepaskan *clip* yang mengikat *bellow* pada *tie rod* dan *housing*
   e. *Tie rod* dapat dilepas dari ujung-ujung *rack*
   f. Longgarkan *locknut* pada *yoke plug*
   g. Cungkil *pinion shaft oil seal*
   h. Lepaskan *circlip* dari *pinion housing* dan tarik *pinion* dan *bearing*.
   i. Lepaskan *rack* dari *steering box housing*.

JJ. Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah inio dengan jelas dan benar !

1. Jelaskan komponen-konponen sistem kemudi dan posos roda
2. Jelas fungsi dan cara kerja komponen-komponen sistem kemudi dan poros roda!
3. Jelaskan prosedur / langkah-langkah pennyetelan sistem kemudi dan poros roda.
4. sebutkan prosedur/langkah-langkah Penyervisan *Rack* & *pinion Steering Box*

Bab 9 Memahami Sistem Rem Pada Alat Berat

KK. Deskripsi

Pembelajaran memahami Sistem Rem Alat Berat adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran Power Train dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Memahami sistem pengereman alat berat yang didalamnya akan dibahas mengenai :

A. Dasar-dasar pengereman
B. Friksi / gesekan dan koefisien friksi
C. Prinsip-prinsip dasar pengeremen
D. Ban Slip / tergelincir
E. Cornering *Force*
F. Tingkatan Penurunan Kecepatan
G. Jarak berhenti (Stoping distance)
H. Sistem rem pada Alat berat

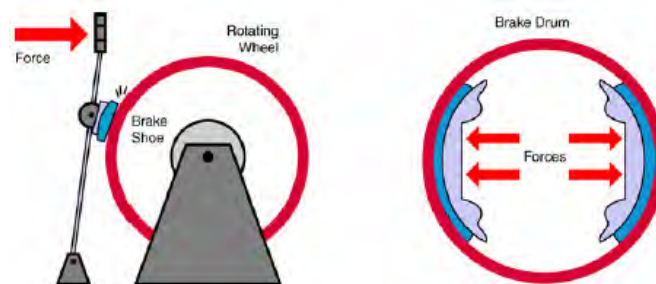
LL. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembebelajaran pada Bab IX diharapkan siswa dapat :

A. Menjelaskan dasar-dasar pengeremen
B. Menjelaskan pengertian Friksi / gesekan dan koefisien friksi
C. Menerangkan prinsip-prinsip dasar pengeremen
D. Menjelaskan pengertian ban Slip / tergelincir
E. Menerangkan istilah cornering *Force* pada pengereman
F. Menjelaskan pengertian tingkatan Penurunan Kecepatan
G. Menerangkan pengertian Jarak berhenti (stoping distance)
H. Menjelaskan Sistem Rem pada Alat Berat

MM. Uraian Materi

Memahami Sistem Rem Pada Alat Berat

Gesekan / Friksi

Gambar 9.1 Gesekan

Friksi adalah resistansi terhadap gerakan relatif yang terdapat di antara dua bagian yang terkena kontak.

Heat (panas) dihasilkan ketika *brake* shoe ditekan dengan paksa pada *wheel* (roda) yang sedang berputar. Friksi di antara *brake* shoe dan *wheel* yang berputar mengubah energi kinetik pada *wheel* yang sedang berputar menjadi energi *heat*. Apabila *brake* shoe tetap tertahan dengan kuat pada *wheel* maka semua energi kinetik pada *wheel* akan diubah menjadi energi heat (panas) dan *wheel* (roda) akan berhenti berputar.

Ketika *brake* diaplikasikan pada sebuah kendaraan (Gambar 9.1), dalam contoh ini *drum brake assembly* (kanan), *force* (tenaga) diaplikasikan pada *brake shoe* sehingga menyebabkan *brake* shoe bersentuhan dengan *brake* drum yang berputar, yang menghasilkan friksi.

Friksi ini mengubah energi kinetik dari drum yang berputar menjadi energi heat (panas), sehingga memperlambat kendaraan dan pada akhirnya

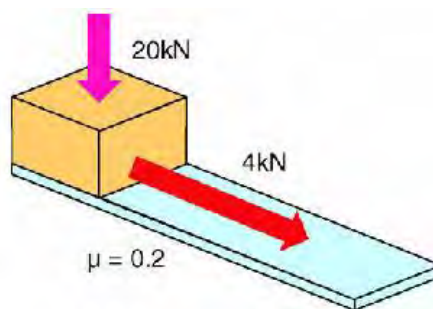
menghentikannya. Semakin besar *force* (tenaga) (*force*) yang diaplikasikan oleh *brake* shoe pada *brake* drum yang berputar maka semakin besar friksinya.

Friksi juga bergantung pada material-material yang terkena kontak dan compatibility (kesesuaian)nya terhadap satu sama lain. Untuk dapat beroperasi sistem braking/pengereman bergantung pada friksi, baik itu friksi di antara shoe dengan drum, atau pad dan rotor, atau ban dengan permukaan jalan.

Koefisien Friksi

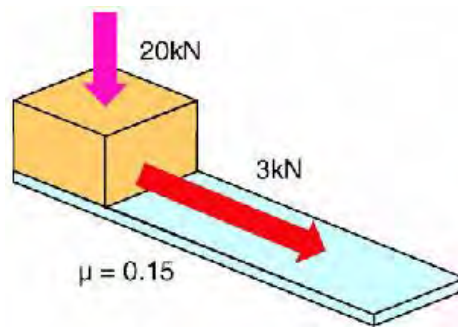
Pengukuran friksi yang terdapat di antara dua benda (body) disebut Koefisien Friksinya. Koefisien friksi didefinisikan sebagai jumlah *force* (tenaga), yang berkaitan dengan bobotnya, yang diperlukan untuk menggerakkan satu body sementara body tersebut masih terkena kontak dengan body lainnya. Karena friksi dan bobot diukur dalam unit *force* (tenaga) (Newton atau pound), maka koefisien friksi tidak memiliki dimensi. Nilai ini dilambangkan dengan huruf Yunani μ (mμ).

μ = *Force* (tenaga) (yang diperlukan untuk bergerak ke beban) dibagi dengan Bobot (*force* (tenaga) yang diaplikasikan oleh beban)

Contoh:

Gambar 9.2

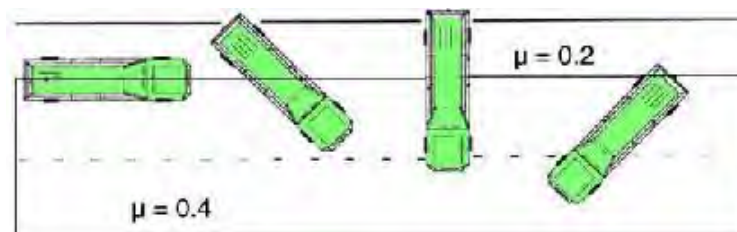
Sebuah balok (bobot) yang memberikan *force* (tenaga) ke arah bawah yang berjumlah 20kN memerlukan *force* (tenaga) 4 kN untuk memulai gerakan

(Gambar 2). Oleh karena itu, koefisien friksi di antara balok dan permukaan adalah 0,2.

Prinsip-prinsip Dasar

Gambar 9.3

Ambillah balok yang sama dan ubahlah sifat salah satu dari permukaan friksi dengan mengolesi permukaan dasar dengan bahan pelumas ringan (Gambar 9.3). Bobot balok tidak akan berubah, oleh karena itu balok akan memberikan *force* (tenaga) yang sama pada bagian dasar. Akan tetapi, *force* (tenaga) yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban akan sedikit lebih ringan (3 kN). Oleh karena itu, koefisien friksi adalah:

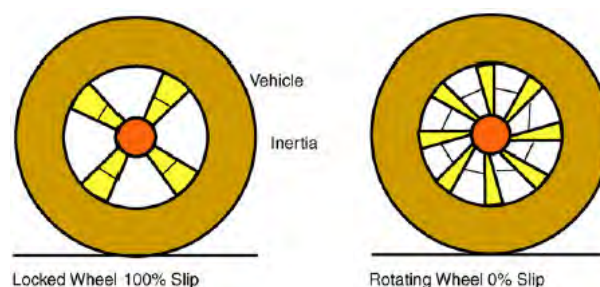
$$\mu = \frac{3kN}{20kN} = 0.15$$

Koefisien friksi di antara *brake* shoe/pad dan drum/rotor umumnya merupakan fitur rancangan dari sistem *brake*, dan selama komponen-komponen yang berkualitas digunakan dalam service dan prosedur untuk melakukan service yang benar dipatuhi, maka sistem braking/pengereman akan berfungsi sesuai yang dirancang.

Gambar 9.4

Ketika koefisien friksi di antara ban dan jalan dipertimbangkan, ada banyak variabel yang dapat mempengaruhi pengukuran. Variable-variabel ini mencakup jenis permukaan jalan, kondisi cuaca dan jenis ban yang dipasang pada kendaraan.

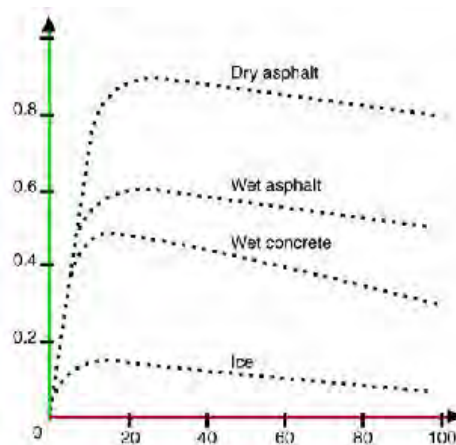
Dalam beberapa kasus, ada beberapa permukaan jalan yang berbeda yang harus dihadapi. Saat melakukan perjalanan di jalan yang lurus dengan permukaan yang licin (koefisien friksi yang rendah) pada satu sisi, dan *brake* digunakan, maka ban pada permukaan yang licin akan terlock (kunci) akibat koefisien friksinya yang rendah dan kendaraan akan berbelok ke sisi jalan yang dapat menyebabkan kendaraan berputar (Gambar 9.4).
Ban yang slip (tergelincir) bergantung pada koefisien friksi.

Ban Slip (Tergelincir)
Ketika ban yang berputar terkena kontak dengan jalan dalam keadaan di*brake*, kemungkinannya adalah bahwa ban dapat kehilangan sejumlah cengkeramannya pada permukaan jalan dan "meluncur", bahkan meskipun *wheel* (roda) dalam keadaan belum terlock (kunci). Fenomena ini dikenal dengan istilah *wheel* (roda) atau ban slip (tergelincir).

Force (tenaga) braking/pengereman maksimum dihasilkan ketika *wheel* slip / *wheel* (roda) slip kira-kira 10% - 20%. Ini berarti bahwa perputaran ban diperlukan untuk mencapai braking/pengereman maksimum. *Force* (tenaga) braking/pengereman minimum diperoleh ketika *wheel* (roda) terlock (kunci) (lockup).

Gambar 9.5

Ban yang slip (tergelincir) terjadi di antara 0% dan 100%. Ban yang slip (tergelincir) 0% (zero slip) adalah ketika ban berputar dengan bebas, dan ban slip (tergelincir) 100% adalah ketika ban terlock (kunci) saat bobot kendaraan ikut mendorong ban yang tidak berputar. Pada persentase *wheel* slip / *wheel* (roda) slip 100%, *brake* menghentikan ban tetapi tidak menghentikan kendaraan (Gambar 9.5).

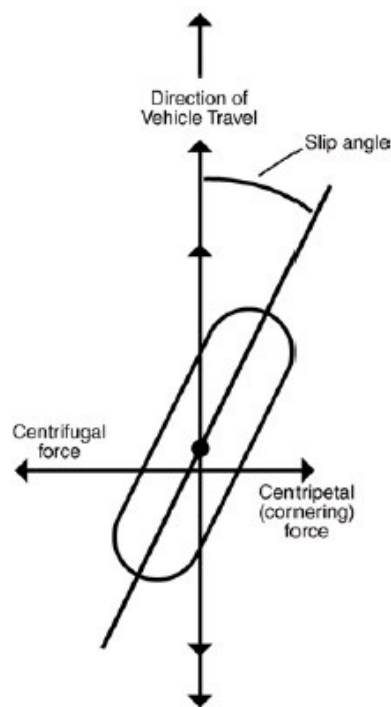
Pada saat ban mengalami slip (tergelincir) 100%, energi kendaraan yang bergerak ke depan berubah menjadi energi braking/pengereman di antara ban dan jalan. Gerakan ini pada akhirnya akan menghentikan kendaraan. Akan tetapi, efisiensi braking/pengereman ban yang sudah terlock (kunci) pada jalan tidak sebaik efisiensi braking/pengereman pada sistem braking/pengereman kendaraan.

Brake lining material dapat menghasilkan *force* (tenaga) penghentian jauh lebih efisien daripada ketika permukaan jalan terkena kontak dengan ban yang tidak berputar. Kurangnya *force* (tenaga) tarik (traction) pada saat ban mengalami slip (tergelincir) 100% menjelaskan mengapa *wheel* (roda) yang slip (tergelincir) sering kali menghasilkan stoping distance / jarak berhenti yang lebih panjang pada kendaraan.

Gambar 9.6

Ban slip (tergelincir) segera setelah ban mulai berputar pada *speed* (kecepatan) yang lebih rendah daripada *speed* (kecepatan) saat berkendara. Grafik (Gambar 9.6) memperlihatkan karakteristik braking pada ban dari berbagai permukaan

braking/pengereman, dalam situasi braking/pengereman garis lurus, dimana tidak terdapat *force* (tenaga)-*force* (tenaga) menyamping.

Koefisien *force* (tenaga) braking/pengereman meningkat dengan tajam, mulai dari *brake* slip (tergelincir) (*brake* slip) dengan titik nol dan mencapai titik maksimum di antara kira-kira 10% dan 30% *brake* slip (tergelincir), bergantung pada kondisi jalan dan ban. Kemudian turun lagi. Bagian kurva yang naik memperlihatkan area yang stabil (area dengan braking/pengereman sebagian) sementara bagian-bagian yang menurun menunjukkan area yang tidak stabil.

Cornering *Force* (*Force* (Tenaga) Menikung)

Gambar 9.7

Cornering *force* (*force* (tenaga) menikung) (cornering *force*) dapat didefinisikan sebagai *force* (tenaga) friksi menyamping oleh ban yang menikung dalam arah yang berlawanan dengan *force* (tenaga) centrifugal yang dihasilkan oleh massa kendaraan.

Ketika kendaraan menikung, *force* (tenaga) centrifugal bertindak pada kendaraan. Untuk memungkinkan kendaraan tetap berada di jalan, suatu cornering *force* (*force* (tenaga) menikung) yang berlawanan (*force* (tenaga) centripetal) diperlukan.

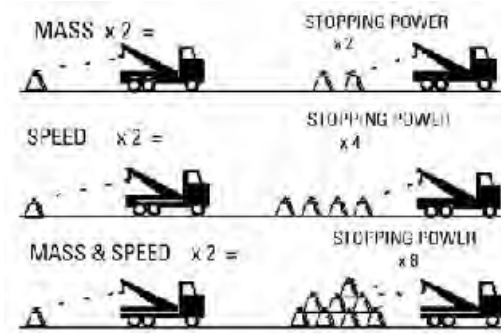
Apabila *wheel* (roda) mengunci, maka cornering *force* (*force* (tenaga) menikung) berada pada level minimum karena ban slip (tergelincir), dan kendaraan akan bergerak pada arah menuju arah *force* (tenaga) centrifugal seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 9.7. Untuk memperoleh cornering *force* (*force* (tenaga) menikung) yang maksimum, *wheel* (roda) harus dalam keadaan berputar.

Tingkat Penurunan *Speed* (Kecepatan)

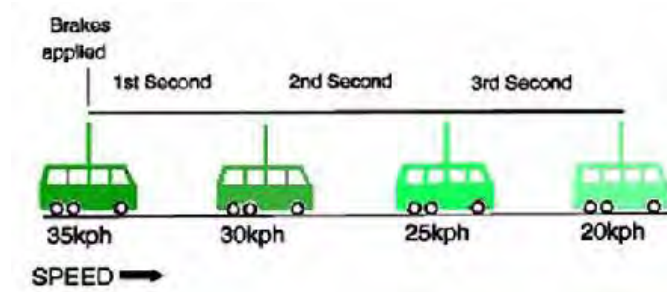
Ketika memilih kendaraan baru atau kendaraan yang pernah menjadi milik orang lain sebelumnya, ada dua faktor yang biasanya perlu dipertimbangkan. Faktor pertama adalah keindahan kendaraan dan faktor lainnya adalah unit powern (mesin mobil). Jarang sekali orang yang membeli kendaraan mempertimbangkan seberapa jauh kendaraan berhenti. Seorang penjual kendaraan bisa saja membanggakan bahwa kendaraan yang dijualnya akan mampu melaju dari 0 ke 100 km/j dalam waktu 7 detik.

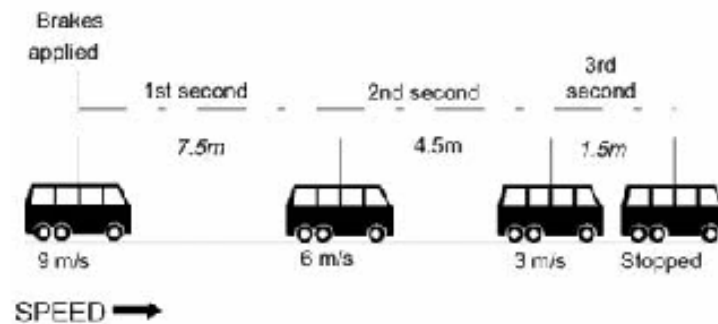
Akan tetapi, merupakan peristiwa yang jarang terjadi bahwa dia akan menjelaskan bahwa waktu yang diperlukan bagi kendaraan yang sama dari *speed* (kecepatan) 100 km/j menjadi benar-benar berhenti dalam waktu kira-kira 3 - 4 detik. Oleh karena itu, diperlukan waktu 7 detik untuk mengubah energi heat (panas) yang dihasilkan mesin menjadi *force* (tenaga) kinetik dari kendaraan yang bergerak pada *speed* (kecepatan) 100 kmj. Juga sistem *brake* yang berfungsi dengan baik harus mengubah energi kinetik ini kembali ke energi heat (panas) dalam waktu yang sangat cepat (3-4 detik).

Apabila kedua faktor ini dihubungkan dengan *force* (tenaga) (power), maka sistem braking/pengereman harus memiliki *force* (tenaga) kira-kira dua kali lebih besar dari *force* (tenaga) kendaraan yang dihasilkan di pabrik. Ketika diaplikasikan pada truk yang bermuatan penuh dan diperlukan waktu 90 detik

bagi truk ber*force* (tenaga) 335 kW (450 *force* (tenaga) kuda) untuk melaju dengan *speed* (kecepatan) 90 km/,j dan kendaraan harus berhenti dalam waktu 5 detik, maka kebutuhan *force* (tenaga) pada sistem braking/pengereman bahkan menjadi lebih besar.

Gambar 9.8

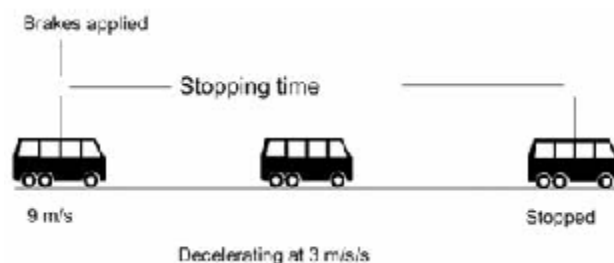
Sementara membahas *force* (tenaga) berhenti dalam sistem braking/pengereman (Gambar 9.8), penting untuk dipahami beberapa hal dasar mengenai hubungan antara massa/*speed* (kecepatan) kendaraan. Apabila massa kendaraan dua kali lipat, maka *force* (tenaga) berhentinya harus dua kali lipat juga. Apabila *speed* (kecepatan) kendaraan dua kali lipat, maka *force* (tenaga) berhentinya harus ditingkatkan menjadi empat kali lipat. Selanjutnya, apabila massa dan *speed* (kecepatan) suatu kendaraan dilipatgandakan, maka *force* (tenaga) braking/pengereman kendaraan harus ditingkatkan menjadi delapan kali lipat. Tingkat dimana kendaraan kehilangan *speed* (kecepatan)nya dikenal dengan istilah penurunan *speed* (kecepatan) (deceleration):

- Untuk kendaraan, *speed* (kecepatan) dinyatakan dalam meter per detik (m/d)
- Untuk *wheel* (roda), *speed* (kecepatan) dinyatakan dalam putaran per menit (RPM).

Gambar 9.9

Apabila kendaraan melaju pada *speed* (kecepatan) 35 km/j (Gambar 9.9) dan saat di*brake*, satu detik kemudian *speed* (kecepatan)nya menjadi 30 km/j, dimana *speed* (kecepatan)nya telah berkurang 5 kmj dalam satu detik pertama. Oleh karena itu, penurunan *speed* (kecepatan) (deceleration) adalah 5 kilometer per jam per detik (5 kmj/d).

Gambar 9.10

Gambar 9.10 memperlihatkan contoh penurunan *speed* (kecepatan), *speed* (kecepatan) kendaraan diukur dalam meter per detik (m/d). Kendaraan bergerak pada *speed* (kecepatan) 9 m/d dan saat di*brake*, satu detik kemudian *speed* (kecepatan)nya menjadi 6 m/d, yaitu dengan penurunan *speed* (kecepatan) 3 m/d/d.

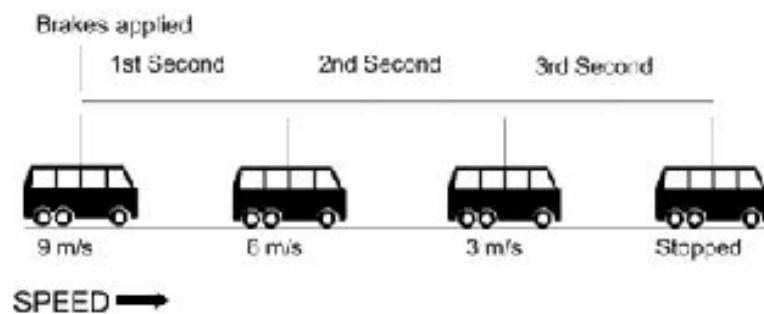
Setelah mengetahui tingkat penurunan *speed* (kecepatan) kendaraan maka kita dapat menghitung waktu yang diperlukan bagi kendaraan untuk berhenti.

Stoping distance / jarak berhenti = $\frac{Speed\ (kecepatan) awal}{Tingkat\ penurunan\ speed\ (kecepatan)}$

Gambar 9.11

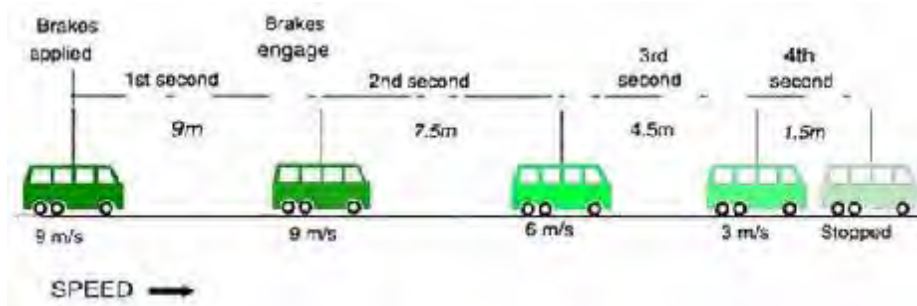
Dalam menerapkan rumus ini, asumsikan bahwa kendaraan melaju pada *speed* (kecepatan) 9 m/d (Gambar 9.11). Waktu yang diperlukan kendaraan untuk berhenti adalah *speed* (kecepatan) awal 9 meter per detik dibagi dengan tingkat penurunan *speed* (kecepatan) per detik per detik.

- Berhenti = 9/d
- Jarak 3 m/d/d

Jadi waktu yang diperlukan kendaraan untuk berhenti adalah 3 detik.

***Stoping Distance* / Jarak Berhenti**

Gambar 9.12

Seperti yang diperlihatkan dalam pembahasan sebelumnya, apabila *speed* (kecepatan) awal kendaraan diketahui maka pada saat satu detik kemudian dapat diketahui:

- Tingkat penurunan *speed* (kecepatan)
- Waktu yang diperlukan untuk berhenti.

Gambar 9.13

Gabungan faktor-faktor ini akan menentukan jarak yang diperlukan kendaraan untuk berhenti. Beberapa prinsip dasar harus dipertimbangkan pada tahap ini:

- *Speed* (kecepatan) menurun secara progresif saat tingkat penurunan *speed* (kecepatan) tetap konstan, dan oleh karena itu jarak yang ditempuh pada setiap detik berhenti menjadi semakin singkat.

Pada awal berhenti, *speed* (kecepatan) kendaraan dan jarak yang ditempuhnya pada setiap detik adalah lebih besar daripada pada akhir berhenti. Ini berarti bahwa penundaan apa pun dalam waktu di antara saat ketika *brake* diinjak dan saat *brake* benar-benar berfungsi dengan efektif sesungguhnya meningkatkan stoping distance / jarak berhenti.

Dalam situasi braking/pengereman, sebuah kendaraan yang melaju pada *speed* (kecepatan) awal 9 m/d akan mulai segera mengalami penurunan *speed* (kecepatan) (deceleration). Dalam detik pertama kendaraan akan melaju dengan *speed* (kecepatan) 7,5 m, dalam detik kedua 4,5 m dan detik terakhir adalah 1,5 m. Hasilnya adalah stoping distance / jarak berhenti sepanjang 13,5 m untuk penghentian kedua.

Apabila *brake* diinjak dengan perlahan dan satu detik telah berlalu di antara saat *brake* diinjak dan saat *brake* berfungsi, maka 9 m penuh akan ditempuh dalam detik kedua tersebut, sehingga menghasilkan build up (peningkatan) stoping distance / jarak berhenti 22,5 mm untuk berhenti selama 4 detik (Gambar 9.13).

Total stoping distance / jarak berhenti adalah gabungan antara dua faktor:

- waktu reaksi
- jarak braking/pengereman

Waktu reaksi adalah waktu yang diperlukan ketika otak pengemudi mengidentifikasi perlunya menginjak *brake*, sampai kaki pengemudi bersentuhan dengan *brake* pedal. Waktu reaksi ini bukan merupakan nilai konstan dan bisa jadi sangat berbeda antara satu orang dengan yang lainnya dan bervariasi di

dalam diri orang itu sendiri, bergantung pada faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi perorangan, misalnya:

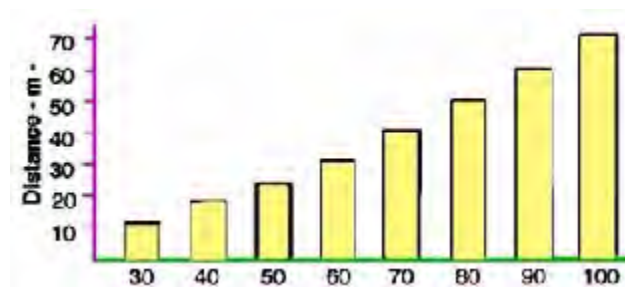
- Kondisi iklim
- kesehatan dan kebugaran
- kebiasaan
- lingkungan.

Waktu reaksi biasanya dinyatakan sebagai pengukuran jarak yang ditempuh saat ketika reaksi terjadi. Hal ini dapat dianggap sebagai jarak reaksi.

Jarak braking/pengereman adalah jarak yang diperlukan dari titik *brake* diinjak sampai kendaraan benar-benar berhenti.

Faktor-faktor yang mempengaruhi jarak braking/pengereman adalah:

- kemampuan pengemudi
- kelayakan sistem *brake*
- kondisi jalan
- kondisi ban

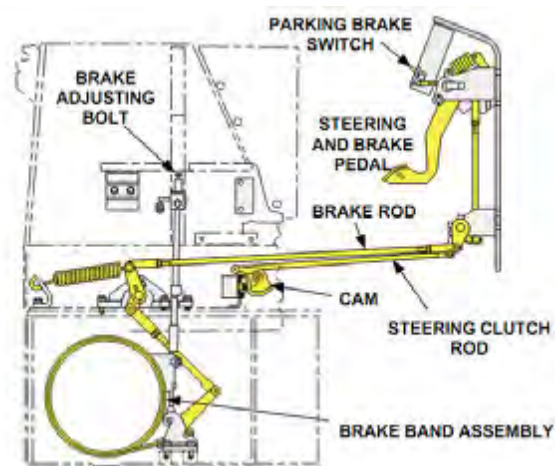
Dalam kebanyakan kasus, faktor-faktor yang mempengaruhi jarak braking/pengereman tidak terlalu berbeda dibandingkan dengan waktu reaksi.

Gambar 9.14 *Speed* (kecepatan) km/jam

Ketika kedua faktor ini digabungkan, persepsi tentang stoping distance / jarak berhenti secara keseluruhan dapat diamati. Terdapat perbedaan informasi grafik mengenai stoping distance / jarak berhenti, yang bervariasi sesuai dengan

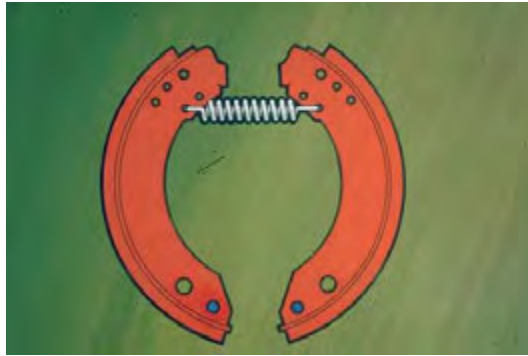
kondisi dimana pengetesan dilaksanakan. Gambar 9.14 adalah contoh stoping distance / jarak berhenti rata-rata, dengan asumsi bahwa kondisi braking/pengereman dan waktu reaksi adalah normal.

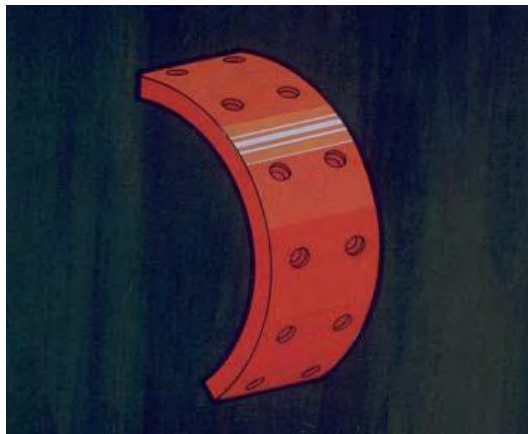
Sistem Rem Pada Alat Berat

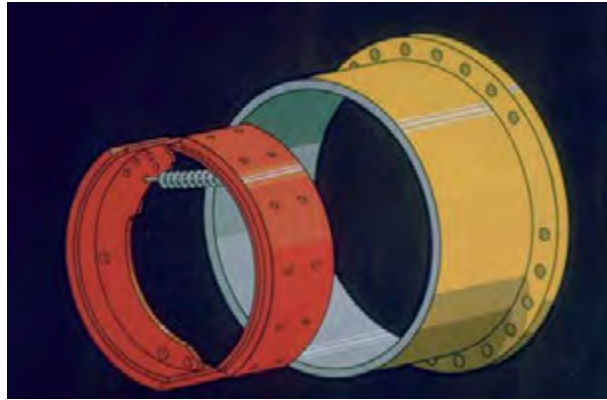
Mekanisme brake pada alat berat digunakan untuk memperlambat, menghentikan dan menahan unit alat berat. Pada bagian ini akan dibahas tentang mekanisme band brake, shoe type brake, caliper disc brake dan full disc brake.

Steering clutch dan brake

Gambar 9.15 ***Stering and Brake Component***

Band brake digunakan pada mesin alat berat model lama, aplikasi dari brake jenis ini adalah pada mesin dengan menggunakan lever steer dan track type loader. Pada saat operator menginjak pedal rem dan pedal steering, hubungan mekanikal menyebabkan brake band menekan bagian luar steering clutch drum. Spring berfungsi untuk mengembalikan pedal pada posisi semula pada saat operator me-release brake. Penyetelan perlu dilakukan setelah brake digunakan dalam jangka waktu tertentu.

Shoe Type Brake

Gambar 9.16 ***Shoe Type Brake***

Shoe type brake digunakan pada banyak unit, termasuk Wheel Tractor Scrappers, Wheel Loaader dan Compactors. Gambar 9.16 menunjukkan dua bagian terpisah dari shoe yang memiliki tumpuan pada salah satu bagian dan bagian lainya memiliki spring pada bagian atas yang berfungsi untuk mengembalikan shoe pada posisi semula.

Gambar 9.17 ***Brake Lining***

Masing-masing shoe terikat pada *brake lining* yang terdapat di sekeliling permukaan shoe. *Brake lining* merupakan permukaan gesekan pada *shoe*.

Gambar 9.18 ***Brake Assembly***

Shoe dan *brake lining* dimasukkan ke dalam *brake drum*. *Drum* memiliki permukaan silinder yang halus dan terpasang pada roda sehingga *drum* berputar bersama roda. *Brake lining* dan *shoe* tidak berputar (statis).

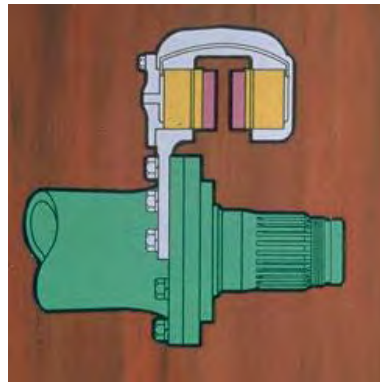
Gambar 9.19 ***Shoe Type Brake Operation***

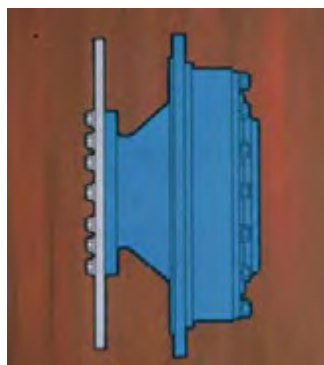
Pada kondisi normal, spring menarik shoe dan brake lining menjauhi brake drum, sehingga brake akan release. Ketika pedal brake ditekan oleh cam atau tenaga hidrolik, shoe akan bergerak melebar yang menyebabkan terjadi gesekan antara brake lining dan drum sehingga unit/machine akan melambat.

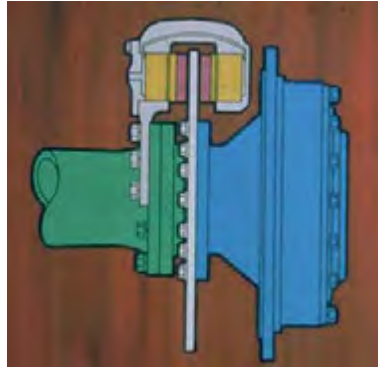
Shoe type brake merupakan type brake yang bisa di-*adjust*. Shoe dapat di-adjust secara manual atau dengan mekanisme *self adjusting*.

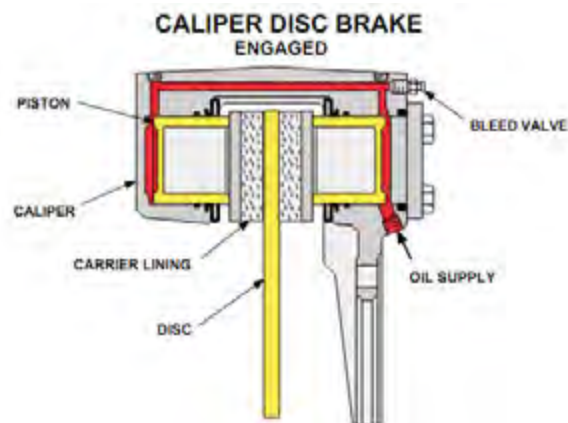
Caliper Disc Brakes

Caliper disc brake digunakan pada beberapa mesin alat berat diantaranya, Articulated Trucks dan Off Highway Truck tipe kecil.

Gambar 9.20 ***Caliper Disc Brakes***

Gambar 9.21 ***Non-Rotating Parts***

Gambar 9.21 menunjukkan *non-rotating parts* pada *caliper disc brake*. Wheel spindle ditunjukkan denga warna hijau, caliper housing dibaut pada wheel spindle. Small hydraulic cylinder ditunjukkan dengan warna kuning, brake lining terdapat pada ujung hydraulic cylinder.

Gambar 9.22 ***Rotating Parts***

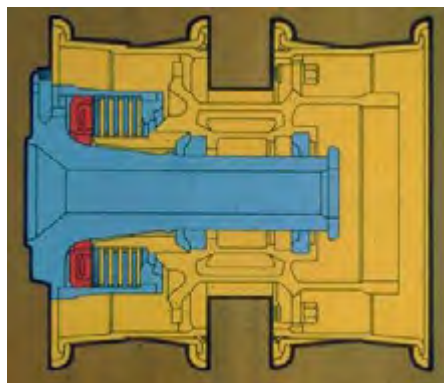
Gambar 9.22 menunjukkan rotating parts pada caliper disc brake. Disc dibaut pada roda machine, brake disc tidak berada di dalam housing yang memungkinkan pendistribusian panas ke udara luar.

Gambar 9.23 ***Caliper Disc Operation***

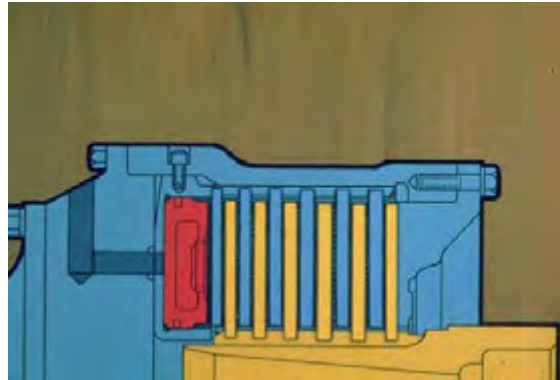
Caliper housing terpasang di atas *disc*, *brake lining* dapat menyentuh kedua permukaan *disc*. Pada kondisi normal, brake akan released, brake lining tidak menyentuh disc. Ketika brake diaplikasikan, pressure akan memekan kedua cylinder, sehingga menyebabkan adanya gesekan antara brake lining dan disc. Hal ini akan menimbulkan pengereman. Caliper disc akan ter-adjust dengan sendirinya tergantung pada keausan brake lining.

Gambar 9.24 ***Caliper Disc Enganged***

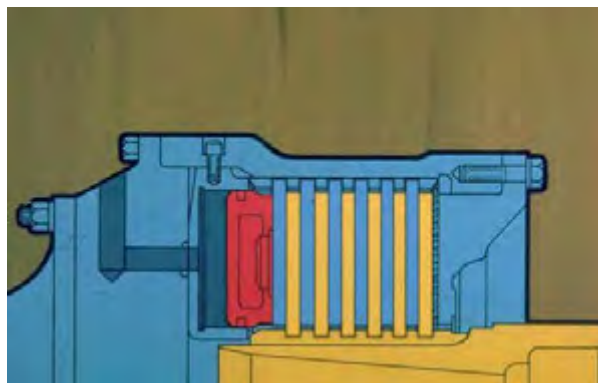
Multiple Disc Brake

Multiple disc brake digunakan pada sebagian unit alat berat, seperti *Off Highway Truck, Articulated Trucks, Motor Grader* dan *Elevated Sprocket Track Type Tractors.*

Gambar 9.25 *Multiple Disc Brakes*

Multiple disc brake terdiri dari spline plate luar (warna biru) dan spline spline disc (warna kuning). Kedua sisi *disc* bersentuhan langsung dengan *brake lining*.

Gambar 9.26 *Multiple Disc Brakes Mechanism*

Gambar di atas menunjukkan multiple disc brake yang terletak di dalam roda. Plate terpasang pada *non-rotating wheel spindle* (warna biru), *disc* terpasang pada *rotating wheel* (warna biru).

Gambar 9.27 ***Brakes Released***

Ketika *brake released*, spring akan menekan piston untuk bergerak mundur. *Disc* dan *plate* akan terpisah sehingga roda dapat berputar bebas. Oli dari sistem pendingin brake bersirkulasi melalui sekeliling *disc* dan *plate* untuk mendinginkan komponen tersebut.

Gambar 9.28 ***Brakes Applied***

Ketika brake diaplikasikan, oli yang berasal dari master cylinder akan mendorong piston. Piston akan menekan disc dan plate sehingga kedua komponen tersebut akan saling berhimpitan dan menimbulkan gesekan. Gesekan inilah yang akan menghasilkan pengereman.

NN. Rangkuman

1. Friksi / gesekan dan koefisien friksi

- **GESEKAN / FRIKSI**

Friksi adalah resistansi terhadap gerakan relatif yang terdapat di antara dua bagian yang terkena kontak.

- **Koefisien Friksi**

friksi didefinisikan sebagai jumlah *force* (tenaga), yang berkaitan dengan bobotnya, yang diperlukan untuk menggerakkan satu body sementara body tersebut masih terkena kontak dengan body lainnya.

2. Prinsip-prinsip dasar pengereman

Adalah berprinsip pada gesekan, sebagai contoh Saat melakukan perjalanan di jalan yang lurus dengan permukaan yang licin (koefisien friksi yang rendah) pada satu sisi, dan *brake* digunakan, maka ban pada permukaan yang licin akan terlock (kunci) akibat koefisien friksinya (koefisien geseknya) yang rendah dan kendaraan akan berbelok ke sisi jalan yang dapat menyebabkan kendaraan berputar.

3. Ban slip/Tergelincir

Ketika ban yang berputar terkena kontak dengan jalan dalam keadaan di*brake*, kemungkinannya adalah bahwa ban dapat kehilangan sejumlah cengkeramannya pada permukaan jalan dan “meluncur”, bahkan meskipun *wheel* (roda) dalam keadaan belum terlock (kunci). Fenomena ini dikenal dengan istilah *wheel* (roda) atau ban slip (tergelincir).

4. Cornering *Force*

Cornering *force* (*force* (tenaga) menikung) (cornering *force*) dapat didefinisikan sebagai *force* (tenaga) friksi menyamping oleh ban yang menikung dalam arah yang berlawanan dengan *force* (tenaga) centrifugal yang dihasilkan oleh massa kendaraan.

5. Tingkatan Penurunan Kecepatan

Stoping distance / jarak berhenti = $\frac{Speed\ (kecepatan) awal}{Tingkat\ penurunan\ speed\ (kecepatan)}$

Tingkatan penurunan kecepatan adalah keadaan dimana kecepatan awal dibagi dengan jarak berhenti

6. Jarak berhenti (Stoping distance)

Jarak braking/pengereman adalah jarak yang diperlukan dari titik *brake* diinjak sampai kendaraan benar-benar berhenti.

7. Sistem Rem pada Alat Berat

Secara umum, sistem rem pada unit alat berat terdapat empat tipe yaitu: Band type, Shoe Type, Caliper Disc dan Multiple Disc.

OO. Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini dengan jelas dan benar ! Dasar-dasar pengereman

A. Jelaskan apa yang dimaksud Friksi / gesekan dan koefisien friksi

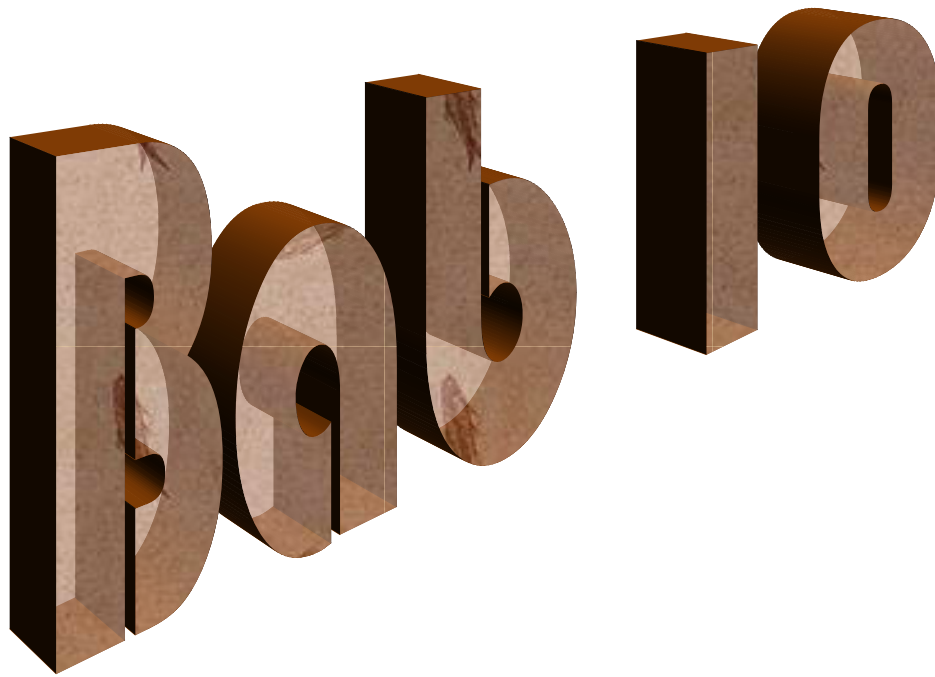
B. Terangkan Prinsip-prinsip dasar pengeremen

C. Jelaskan apa yang dimaksud Ban Slip / tergelincir

D. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Cornering *Force*

E. Terangkan apa yang dimaksud Tingkatan Penurunan Kecepatan

F. Jelaskan apa yang dimaksud dengan Jarak berhenti (Stoping distance)

G. Sebutkan dan jelaskan tipe brake yang digunakan pada unti alat berat

BAB 10 Komponen Sistem Rem

Alat Berat

PP. Deskripsi

Pembelajaran memahami Komponen Sistem Rem Alat Berat adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran Power Train dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Memahami sistem pengereman alat berat yang didalamnya akan dibahas mengenai :

A. Komponen Rem Sistem Hidrolik

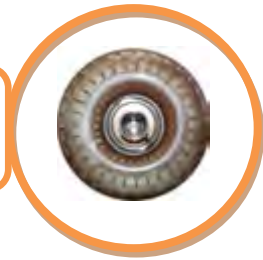
B. Komponen Rem Sistem Pneumatik

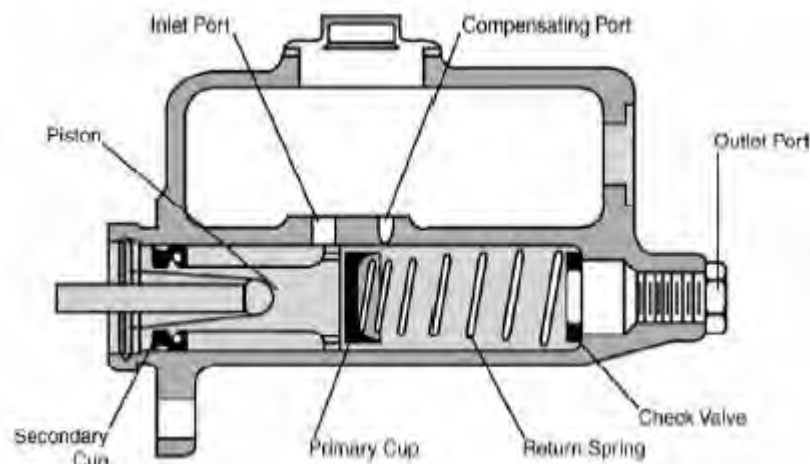
QQ. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembebelajaran pada Bab X diharapkan siswa dapat :

A. Memahami Komponen Rem Sistem Hidrolik

B. Memahami Komponen Rem Sistem Pneumatik

RR. Uraian Materi

KOMPONEN REM SISTEM HIDROLIK

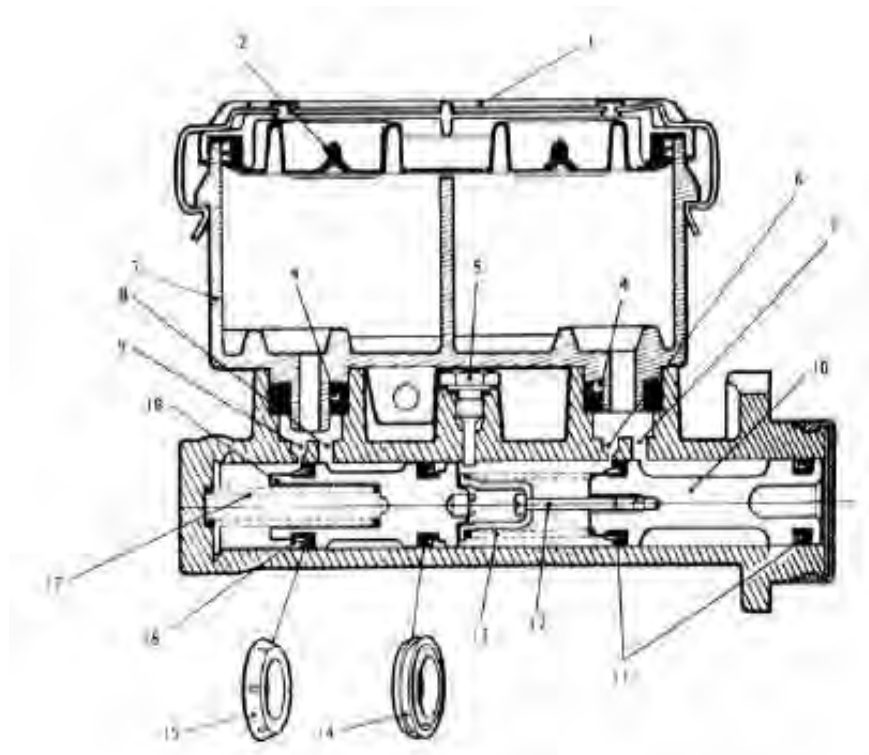
MASTER CYLINDER

Gambar 10.1 – Basic Master Cylinder

Gambar 10.1 memperlihatkan bagian-bagian dari basic master cylinder. Komponen ini memiliki piston tunggal, yang memiliki dua cup: primary cup dan secondary cup. Primary cup dipasang pada kepala piston dengan sealing lip menekan pada lubang cylinder. Primary cup menyekat/menutup pressure di dalam cylinder ketika brake digunakan. Juga terdapat return spring dan residual check valve di bagian ujung cylinder.

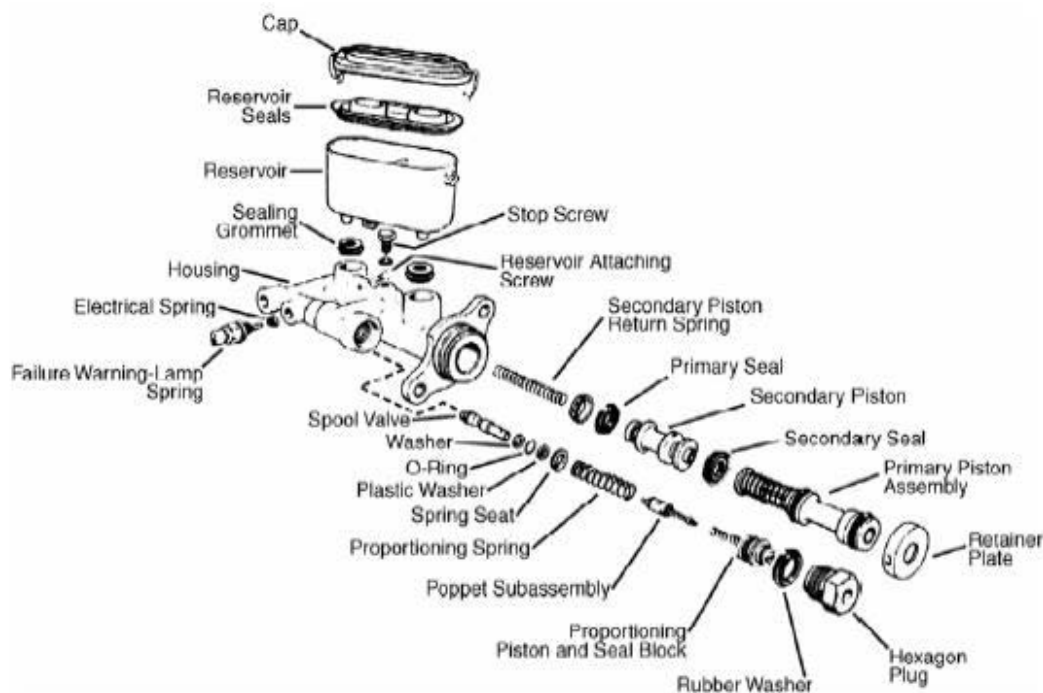
Secondary cup berbentuk seperti ring dan dipasang ke dalam alur di dalam piston. Lip bagian luarnya menyekat cylinder bore dan yang bagian dalam menyekat piston. Secondary cup tidak menyekat pada pressure, tetapi digunakan untuk mencegah hilangnya fluid sehingga tidak keluar melewati ujung

piston. Masing-masing seal digunakan untuk tujuan berbeda. Primary cup yang rusak akan menyebabkan kehilangan pressure, dan secondary cup yang rusak akan menyebabkan leak (kebocoran) fluid dari ujung cylinder.

Cylinder memiliki tiga port: outlet port di ujung cylinder yang dihubungkan dengan brake line, inlet port yang menghubungkan reservoir ke annulus pada piston, dan compensating port yang menghubungkan reservoir ke cylinder di depan primary cup. Karena memiliki compensating port, jenis master cylinder ini disebut sebagai jenis compensating.

TANDEM MASTER CYLINDER

Gambar 10.2 – Tandem Master Cylinder

Keterangan Gambar 10.2

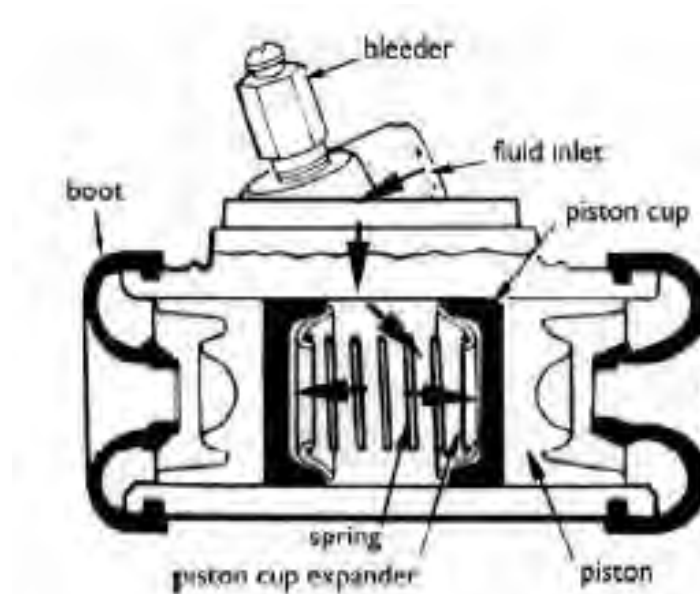
1. Reservoir Cap
2. Reservoir Seal
3. Reservoir
4. Sealing Grommet
5. Secondary Piston Stop Screw
6. Primary Compensating Port
7. Primary Inlet Port
8. Secondary Inlet Port
9. Secondary Compensating Port
10. Primary Piston
11. Primary Piston Seals
12. Primary Piston Rod
13. Primary Piston Spring
14. Double-Lipped Secondary Seal (Secondary Position)
15. Primary Seal (Secondary Position)
16. Seal Retainer
17. Secondary Piston Spring
18. Secondary Piston.

Gambar 10.3 – Komponen-komponen Tandem Master Cylinder dengan Proportioning Valve dan Failure Warning-Lamp Switch

Komponen-komponen tandem master cylinder diperlihatkan dalam Gambar 10.2 dan bagian-bagiannya yang telah dibongkar dalam Gambar 10.3. Ini serupa dengan dua single-piston master cylinder yang dihubungkan dari ujung ke ujung.

Tandem cylinder memiliki dua piston: primary piston dan secondary piston. Setiap piston memiliki dua seal dan sebuah return spring. Cylinder memiliki inlet port (7) dan sebuah compensating port (6) untuk bagian utama cylinder. Tandem cylinder juga memiliki inlet port yamg sama (8) dan compensating port (9) untuk bagian kedua cylinder. Reservoir merupakan bagian yang terpisah, terbuat dari material semi-transparan sehingga level fluid dapat dilihat dari luar.

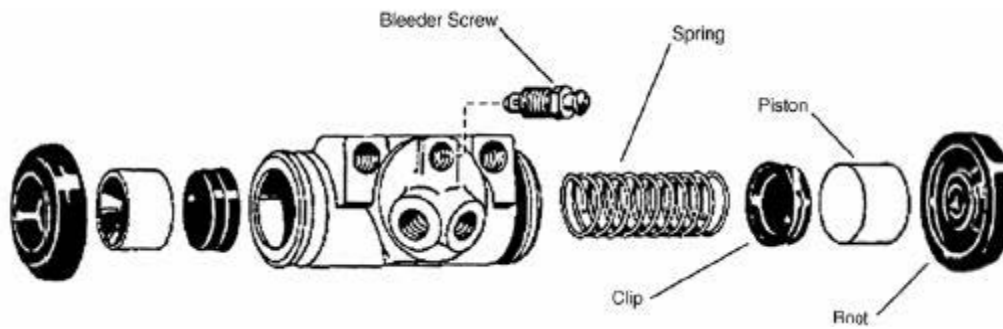
WHEEL CYLINDER

Wheel cylinder digunakan untuk mengubah pressure hydraulic ke force (tenaga) mekanis yang digunakan untuk mengaplikasikan brake. Dua jenis wheel cylinder digunakan dengan drum brake: double piston dan single piston.

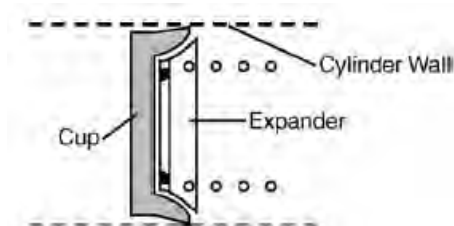
Double-Piston Cylinder

Gambar 10.4 – Gerakan Double-Piston Wheel Cylinder (G62)

Gambar 10.4 memperlihatkan cylinder dengan double-piston (atau double-acting) dalam bagian yang telah dipotong. Masing-masing piston memiliki rubber cup yang dipasang dengan expander. Spring coil di antara expander memastikan cup tetap berada pada piston dan juga tetap memisahkan piston-piston.

Ketika brake diaplikasikan, pressure hydraulic di antara cup mendorong piston-piston keluar, mendorong brake shoe pada brake drum. Rubber boot dipasang pada masing-masing ujung cylinder untuk mengeluarkan kotoran dan air.

Cup dipasang dengan sealing lip mengarah ke dalam. Saat brake release, cup memiliki cukup pressure pada cylinder untuk membentuk seal, tetapi ini dibantu oleh expander. Dengan pressure pada cylinder, lip pada seal didorong dengan kuat pada cylinder untuk meningkatkan gerakan sealing dan menahan fluid dalam pressure.

Gambar 10.5

Sebuah cylinder wheel (roda) (wheel cylinder) dalam keadaan telah dibongkar diperlihatkan dalam Gambar 10.5. Cylinder wheel (roda) ini memiliki piston dan cup dengan bentuk yang berbeda.

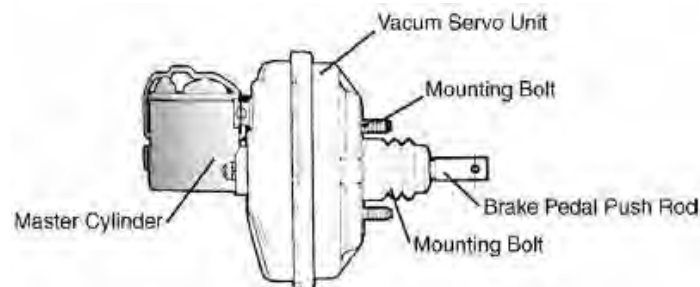
Cup Expander

Gambar 10.6

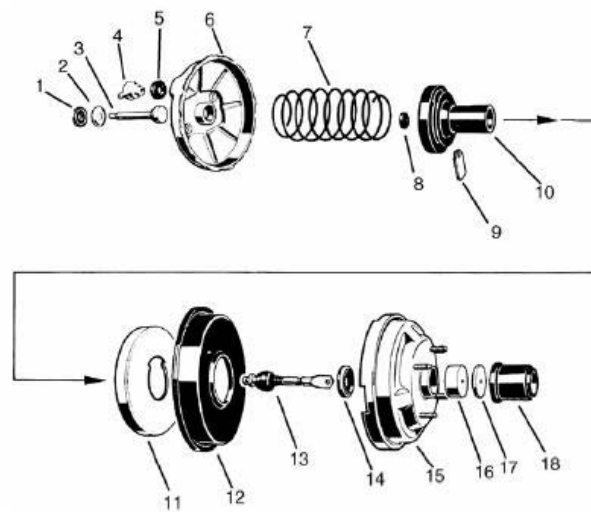
Pada cylinder yang berdiameter lebih besar, cup expander dapat digunakan untuk membantu cup mempertahankan bentuknya yang alami (Gambar 10.6). Cup expander adalah cakram logam yang dibentuk dengan bentuk yang sama dengan cup. Apabila expander tidak digunakan dan cup rusak, maka ada kemungkinan udara/angin masuk ke dalam sistem.

POWER BRAKE UNIT

Unit yang meningkatkan kekuatan brake mengurangi upaya yang diperlukan oleh pengemudi pada brake pedal, dan hal ini memungkinkan meningkatnya dampak braking/pengereman.

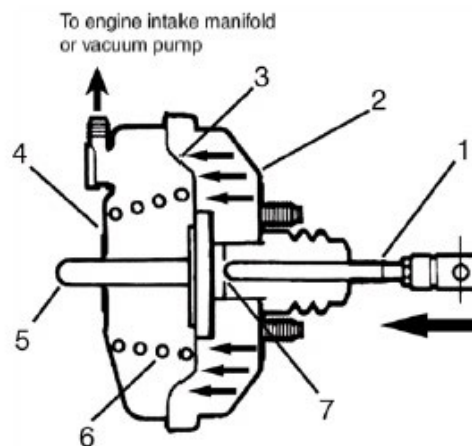
Vacuum Boosted Brake

Mobil penumpang dan kendaraan komersial ringan menggunakan unit vacuum servo yang dioperasikan oleh partial vacuum yang dihasilkan dalam engine inlet manifold. Kendaraan dengan mesin-mesin diesel tidak menggunakan manifold vacuum dan oleh karena itu dipasang dengan pompa vacuum yang digerakkan oleh mesin.
Power brake unit berfungsi untuk membantu pengemudi kapan pun pedal brake diinjak, dan jumlah bantuan akan bergantung pada pressure yang digunakan. Apabila unit mengalami failure (kerusakan) karena penyebab apa pun, pengemudi masih dapat mengaplikasikan brake, tetapi upaya yang diperlukan akan sangat besar. Unit-unit yang digerakkan oleh vacuum dari jenis ini diberi nama vacuum servo unit, vacuum assist unit dan master vac.

Gambar 10.7 – Susunan Vacuum Servo Unit dan Master Cylinder

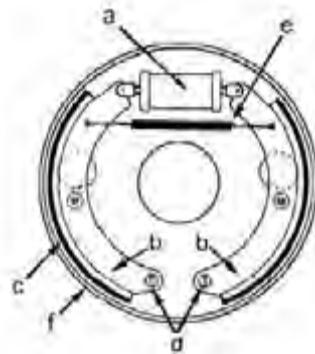
Susunan komponen-komponen luar unit diperlihatkan dalam Gambar 10.7. Pada kendaraan yang dipasang dengan mesin dengan aspirasi alami, unit adalah diaphragm yang dioperasikan secara vacuum di antara brake pedal pushrod dan master cylinder untuk memberikan force (tenaga) tambahan (additional) pada master cylinder piston.

Gambar 10.8 – Vacuum Unit yang Telah Dibongkar

Gambar 10.8 memperlihatkan gambar komponen yang sudah dibongkar dan daftar komponen untuk referensi.

Keterangan Gambar 10.8

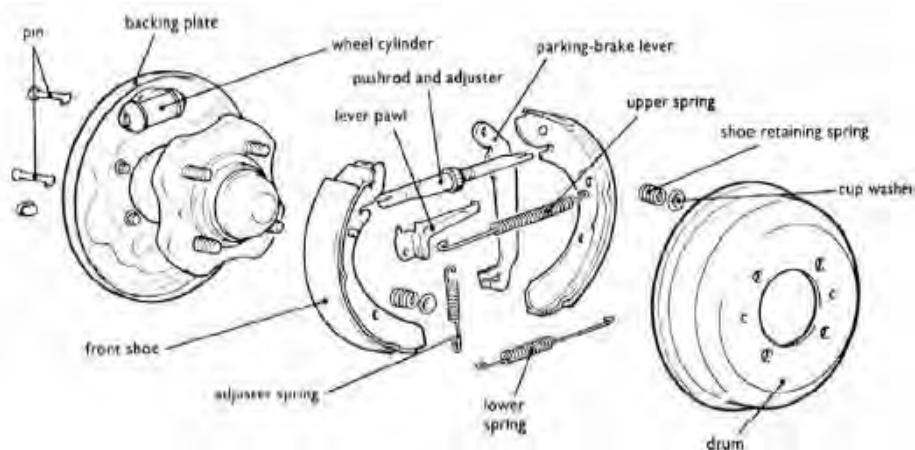
1. Front Seal
2. Plate
3. Pushrod
4. Check Valve
5. Grommet
6. Front Shell
7. Diaphragm
8. Reaction Disc
9. Locking Key
10. Valve Body
11. Diaphragm Pressure Plate
12. Diaphragm
13. Valve Rod and Plunger Assembly
14. Rear Seal
15. Rear Shell
16. Air Cleaner Element
17. Air Silencer
18. Boot.

Gambar 10.9 – Prinsip-prinsip Vacuum Servo Unit dengan Brake Sedang Diaplikasikan

Ketarangan Gambar 10.9

1. Brake Pedal Pushrod
2. Chamber with Atmospheric Pressure
3. Diaphragm
4. Vacuum Chamber
5. Master Cylinder Pushrod
6. Diaphragm Return Spring
7. Control Valve.

DRUM BRAKE

Gambar 10.10

Gambar 10.10 memperlihatkan konstruksi drum brake assembly. Landasan dasar brake terdiri dari:

a. Wheel cylinder
b. Brake shoe
c. Brake lining
d. Anchor/stop
e. Return spring
f. Brake drum

Gambar 10.11

Gambar 10.11 memperlihatkan daftar komponen-komponen yang lebih rinci.

CATATAN:

Istilah foundation brake (brake landasan) (foundation brake) tidak selalu mencakup wheel cylinder karena digolongkan sebagai komponen mekanis sistem brake dan wheel cylinder adalah dalam bentuk hydraulic.

Backing Plate

Plate untuk brake depan dipasang pada steering knuckle, dan backing plate untuk brake belakang dipasang pada axle flange. Backing plate menopang semua komponen-komponen brake yang tidak bergerak, yang mencakup wheel cylinder, brake shoe, return spring, retaining spring, anchor dan adjuster.

Backing plate adalah steel pressing yang bagian luarnya diberi pinggir agar dapat dipasang pada bagian pinggir drum. Back plate tidak saja berfungsi sebagai penopang brake shoe dan komponen-komponen terkaitnya, tetapi juga berfungsi sebagai pelindung terhadap kotoran dari jalan.

Brake Shoe

Gambar 10.12 – Brake Shoe

Brake shoe dibentuk untuk disesuaikan dengan bentuk brake drum. Sebuah shoe terdiri dari web dan flange. Web disediakan untuk memperkeras flange dan mencegah shoe agar tidak mengalami distorsi. Flange dipasang dengan lining

dari material friksi yang dipaku keling (rivet) atau disatukan (Gambar 10.12). Kebanyakan mobil penumpang dan kendaraan komersial ringan memiliki lining brake yang disatukan (bonded brake lining). Kebanyakan kendaraan berat memiliki lining brake yang dipaku keling (riveted lining) atau lining brake yang dibaut (bolted brake lining).

Brake Lining adalah gabungan antara serat, resin sintetis, material friksi dan material yang mengeluarkan heat (panas). Gabungan tersebut dibentuk dalam cetakan (die) sesuai dengan bentuk dan ukuran lining dan diproses pada pressure dan temperatur tinggi.

Lining dari jenis ini dirancang untuk tahan terhadap pressure dan temperatur tinggi. Untuk mencapai ini, lining harus dapat mentransfer heat (panas) ke brake shoe. Beberapa dari fibre yang digunakan dalam brake lining adalah penyekat heat (panas) yang baik, dan untuk mengimbangi ini, partikel-partikel logam lunak, misalnya zinc, dapat disertakan „dalam material lining." Partikel-partikel logam adalah penghantar heat (panas) yang baik sehingga membantu memindahkan heat (panas) dari permukaan lining.

Bonded lining dipasang pada shoe melalui perekat yang diproses dibawah kondisi heat (panas). Saat proses bonding, bagian belakang lining dan flange permukaan brake shoe dilapisi dengan perekat khusus. Lining dan shoe dijepit bersama dan ditempatkan dalam oven dimana keduanya diheat (panas)kan dan diproses dengan metode bonding. Setelah release dan didinginkan, lining digerinda radius (radius-ground) untuk disesuaikan dengan bentuk brake drum.

Return Spring

Spring (spring) dipasang pada brake shoe untuk menempatkan brake shoe pada backing plate. Spring-spring lain digunakan untuk menempatkan shoe dalam posisinya atau menahan shoe bersama.

Anchor digunakan untuk memasang bagian-bagian ujung shoe dengan menyediakan tempat sebagai tumpuan bagi shoe. Anchor pin digunakan untuk menahan bagian-bagian ujung beberapa return spring.

Brake Drum

Brake drum dibuat dari baja tuang campuran atau baja fabrikasi. Keduanya memiliki koefisien friksi yang berbeda, sehingga tidak boleh saling ditukar. Brake drum dibuat dalam beberapa ukuran yang berbeda, tetapi ukuran 16,5 inci (42 cm) sejauh ini adalah yang paling lazim. Permukaan friksi (friction facing) yang digunakan dalam brake lining sekarang, yang tidak menggunakan asbes, cenderung lebih keras. Ini berarti bahwa friction facing pada shoe tahan lebih lama tetapi dapat juga menjadi lebih keras pada brake drum.

Sudah merupakan kegiatan rutin dalam beberapa aplikasi untuk mengganti brake drum pada setiap pekerjaan brake bersama dengan shoe. Brake drum cenderung mengeraskan service. Apabila brake drum memperlihatkan heat check (crack (retak)an-crack (retak)an kecil) dan perubahan warna karena heat (panas) (bagian yang berwarna biru mengkilat), maka brake drum harus diganti, bukan digerinda dengan mesin. Karena harga drum relatif murah, maka drum jarang digerinda dengan mesin setelah diservis. Akan tetapi, karena brake drum cenderung mengalami distorsi sehingga tidak lagi bundar ketika disimpan untuk jangka waktu yang lama, maka tindakan yang baik adalah menggerinda drum saat masih baru, setelah memasangnya pada wheel assembly, untuk memastikan bahwa brake drum dan wheel assembly konsentris.

Setelah brake drum diganti, ukuran yang benar dan bobotnya harus diamati untuk memastikan bahwa brake seimbang. Brake drum yang memiliki bobot yang berbeda akan mengalami kerusakan pada saat terjadi temperatur yang berbeda. Ketika brake drum digerinda dengan mesin, pastikan bahwa maksimum penggerindaan dan dimensi service dipatuhi. Untuk brake drum berukuran 420 mm (16,5 inci), maksimum dimensi service yang diizinkan adalah 3 mm (0,120 inci) dan maksimum dimensi penggerindaan adalah 2,3 mm (0,090 inci).

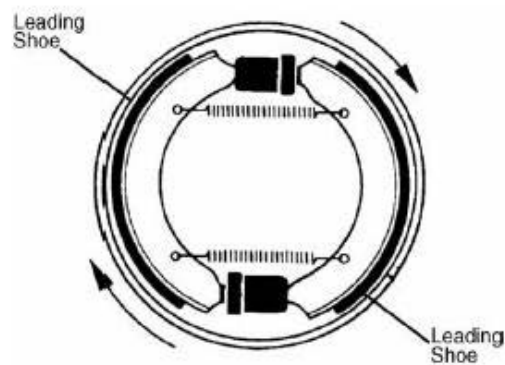
Gerakan Braking/pengereman

Ada tiga jenis brake assembly yang tersedia, yaitu leading-trailing, dua leading dan duo-servo. Setiap sistem memiliki keuntungannya masing-masing dan berfungsi dengan tingkat penghasilan energi diri yang berbeda-beda. Penghasilan energi adalah gerakan penjepitan progresif (progressive wedging action) lining terhadap brake drum saat wheel (roda) berputar.

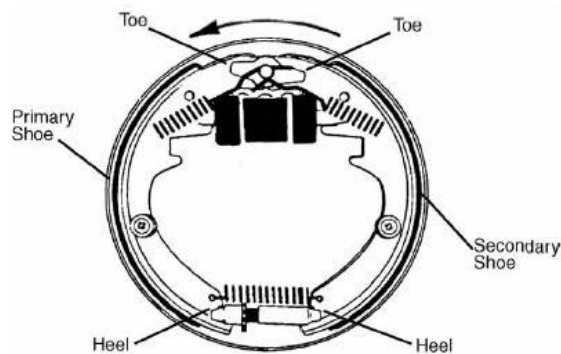
Leading dan Trailing Shoe

Gambar 10.13

Leading dan trailing shoe assembly (Gambar 10.13) memiliki brake shoe yang diberi axle (poros) pada bagian bawah dan wheel cylinder berujung ganda di bagian atas, yang mengaplikasikan kekuatan pada kedua shoe. Ketika melaju pada arah ke depan, shoe depan adalah leading shoe dan memberikan daya braking/pengereman terbesar dengan menghasilkan energi sendiri.

Shoe belakang adalah trailing shoe yang memberikan sedikit upaya braking/pengereman dan memiliki sedikit atau tidak ada dampak penghasilan energi sama sekali. Ketika kendaraan dibrake pada arah yang berlawanan, leading shoe menjadi trailing shoe dan trailing shoe menjadi leading shoe.

Dua Leading Shoe

Gambar 10.14

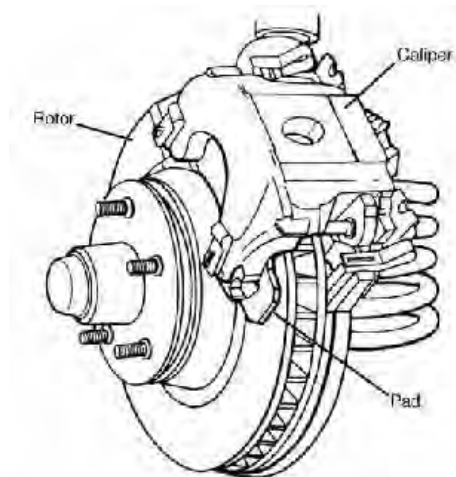
Dua leading shoe assembly (Gambar 10.14) memiliki brake shoe yang diberi axle (poros) di satu ujung dan wheel cylinder berujung tunggal pada ujung setiap brake shoe yang lainnya. Saat berada dalam aplikasi dengan arah ke depan, shoe menjadi leading dan masing-masing shoe menghasilkan energi sendiri. Akan tetapi, dalam arah yang sebaliknya, shoe menjadi trailing dan tidak terjadi penghasilan energi.

Duo Servo

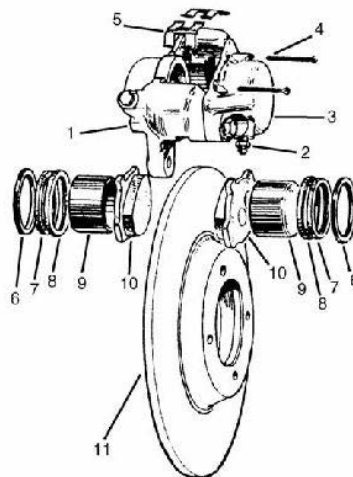
Gambar 10.15

Duo servo assembly memiliki stop di bagian atas dimana kedua shoe dapat bertumpu dan shoe dihubungkan ke bagian bawah adjustable link, yang memungkinkan shoe mengapung. Sebuah wheel cylinder berujung ganda mendorong leading shoe keluar dari stop dan bersentuhan dengan drum, yang memulai proses penghasilan energi sendiri (self energising). Kali ini proses

berlanjut dari satu shoe ke shoe lainnya karena adjustable link di antara shoe dan terjadi di two - way.

SISTEM BRAKE CAKRAM (DISC BRAKE SYSTEM)

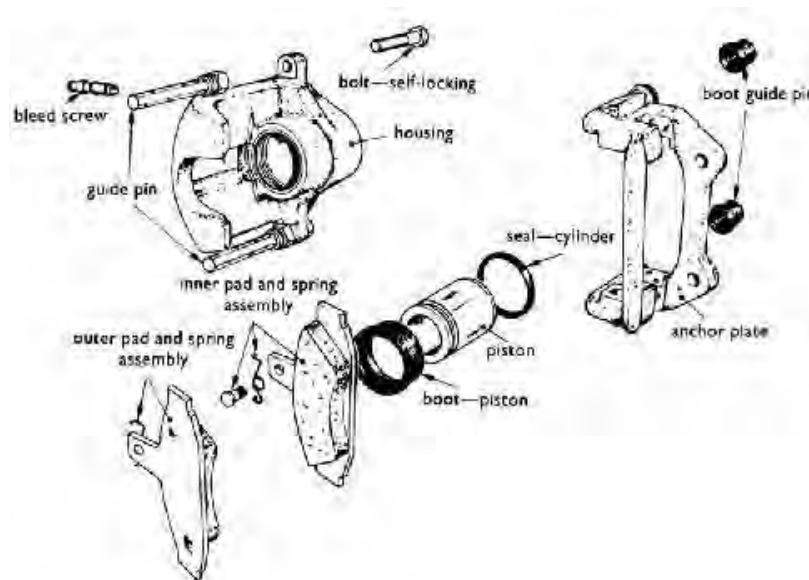
Komponen-komponen – Fixed Calliper

Gambar 10.16

Komponen-komponen utama disc brake assembly diperlihatkan dalam Gambar 10.16 dan Gambar 10.17.

Gambar 10.17 – Disc Brake Assembly dengan Fixed Calliper

Komponen-komponen disc brake assembly adalah:

1. Inner Calliper Housing
2. Outer Housing
3. Bleeder Valve
4. Pad Locating Pins
5 Steady Springs
6. Piston Seal
7. Boot
8. Retainer
9. Piston
10. Pad
11. Disc

CALLIPER

Ada dua rancangan calliper: fixed calliper dan sliding callliper. Sliding calliper lebih lazim digunakan.

Sliding Calliper

Gambar 10.18

Komponen-komponen disc brake assembly jenis sliding calliper adalah:

- Bleed screw
- Guide pin
- Bolt- self locking
- Housing
- Inner pad dan spring assembly
- Outer pad dan spring assembly
- Boot – piston

- Seal – cylinder
- Boot guide pin
- Anchor plate.

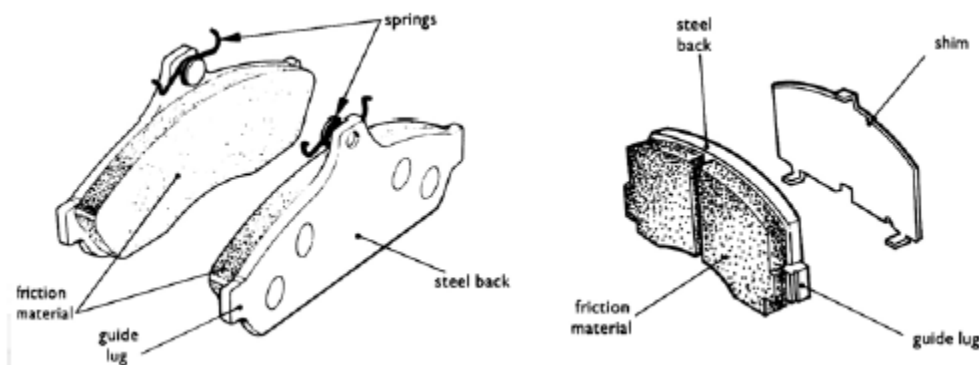
Komponen-komponen utama sliding calliper (Gambar 10.18) adalah calliper housing, anchor plate, piston dan pad. Jenis calliper ini dibuat sebagai bagian tunggal dan hanya memiliki satu cylinder, yang dipasang ke dalam sisi bagian dalam calliper. Anchor plate terbuat dari besi tuang dan calliper housing adalah logam tuang campuran ringan.

Calliper dipasang pada anchor plate, yang dibaut pada steering knuckle. Calliper tidak dipasang dengan kuat pada anchor plate, permukaan yang diproses dengan mesin pada calliper bertumpu pada permukaan yang juga diproses dengan mesin pada anchor plate.

Dua guide pin, yang dibaut pada calliper, masuk melalui lubang-lubang dalam anchor plate. Guide pin memposisikan calliper sesuai dengan anchor plate tetapi memungkinkannya bergeser ke samping saat operasi.

Gambar 10.19 – Operasi sliding calliper, gerakan piston seal diperlihatkan dalam gambar inset

Keterangan Gambar 10.19

1. Piston
2. Cylinder
3. Calliper Body
4. Outer pad
5. Disc
6. Inner pad atau lining
7. Piston seal
8. Boot
9. Fluid inlet

Gambar 10.20 – Disc Brake Pad

Disc pad terdiri dari steel backing plate dengan bahan friksi yang disatukan pada permukaannya (Gambar 10.20).

Pad diposisikan oleh guide lug yang dipasang ke dalam slot di dalam calliper atau di dalam anchor plate. Jepitan anti bunyi gemertak (anti-rattle clip) dipasang pada lug untuk mencegah agar pad tidak berbunyi gemertak di dalam slot ketika brake release. Sebuah steel shim sering kali dipasang di antara bagian bleakang inner pad dan piston. Item-item yang diperlihatkan adalah jenis yang umum, tetapi berbagai bentuk dan ukuran pad digunakan untuk instalasi-instalasi lain. Berbagai jenis spring anti bunyi gemertak (anti-rattle spring) juga digunakan.

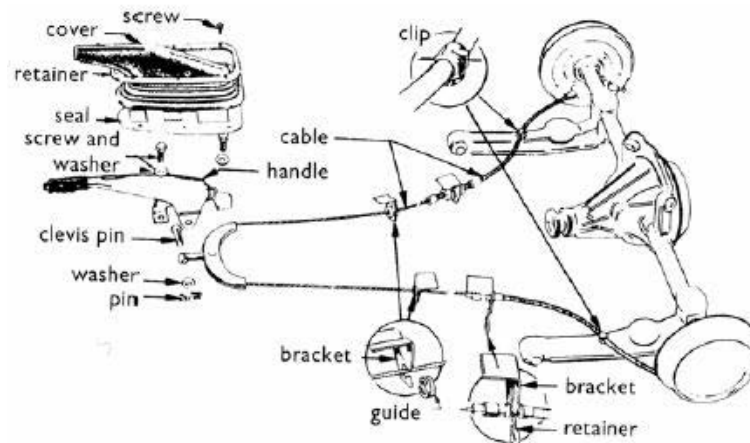
Brake cakram (disc brake) dapat menyesuaikan diri secara otomatis. Saat pad menjadi aus, piston akan berangsur-angsur bergerak lebih jauh di dalam lubangnya, tetapi hanya akan menarik diri dari piston yang memberikan jarak pad dalam jumlah kecil. Juga, calliper housing akan diposisikan pada bagian tengah setiap kali brake digunakan. Dengan cara ini, brake cakram akan menyesuaikan dirinya secara otomatis. Adjustment service tidak disediakan.

BRAKE DISC ATAU ROTOR

Gambar 10.21 – Hydraulik Disc Brake Assembly

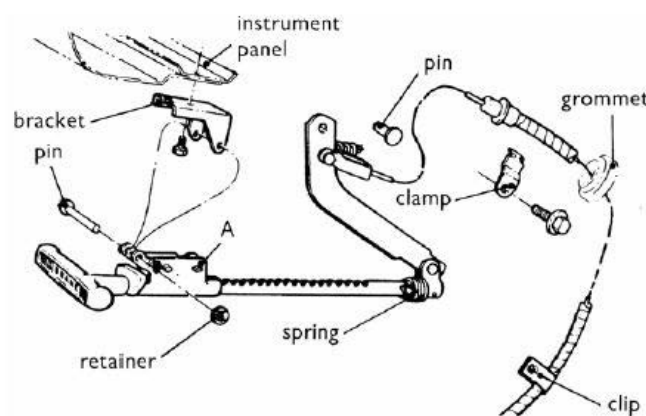
Cakram dibuat dari besi tuang, dengan permukaan yang digerinda di masing-masing sisi dimana permukaan tersebut pad digunakan. Cakram biasanya dibentuk agar dapat dipasang dengan baut pada wheel hub.

Gambar 10.21 di atas mengilustrasikan cakram yang berventilasi. Ini adalah konstruksi berlubang, yang terdiri dari dua flange yang dipisahkan oleh fin. Cakram yang berputar berfungsi seperti pompa udara untuk mempertahankan aliran udara melalui cakram, dan dengan demikian menghilangkan heat (panas) yang terjadi saat braking/pengereman.

PARKING BRAKE

Gambar 10.22 – Komponen-komponen Assembly Parking brake dengan Floor-Mounted Lever

Gambar 10.22 mengilustrasikan susunan umum parking brake yang dipasang di bagian dasar (brake tangan). Assembly ini terdiri dari tuas parking brake dengan kabel yang menghubungkannya ke assembly brake belakang. Tuas dihubungkan pada yoke, yang menampung kabel. Tuas ini berfungsi sebagai penyeimbang (equaliser) sehingga tarikan yang sama dapat dilakukan pada kedua kabel.

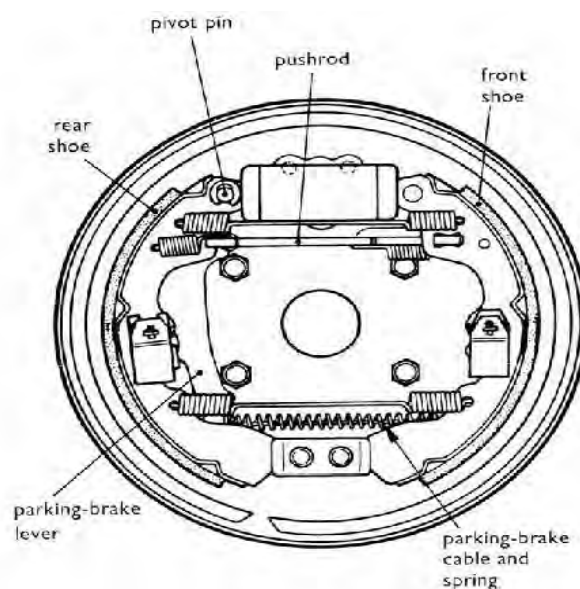
Ujung depan kabel terbuka, tetapi ujung bagian belakang dibungkus oleh kabel luar. Bracket dan guide disediakan untuk menempatkan kabel dalam kaitannya dengan pekerjaan body dan suspensi.

Parking-Brake Lever

Gambar 10.23 – Dash-Mounted Parkir Brake

Parking-brake lever terdiri dari mekanisme ratchet. Tuas ini terdiri dari quadrant bergerigi pada mounting bracket dan sebuah pawl pada tuas. Ketika parking brake digunakan, pawl yang memiliki spring tersambung dengan gerigi di dalam quadrant dan menahan brake. Brake release dengan releasing (melepaskan) pawl.

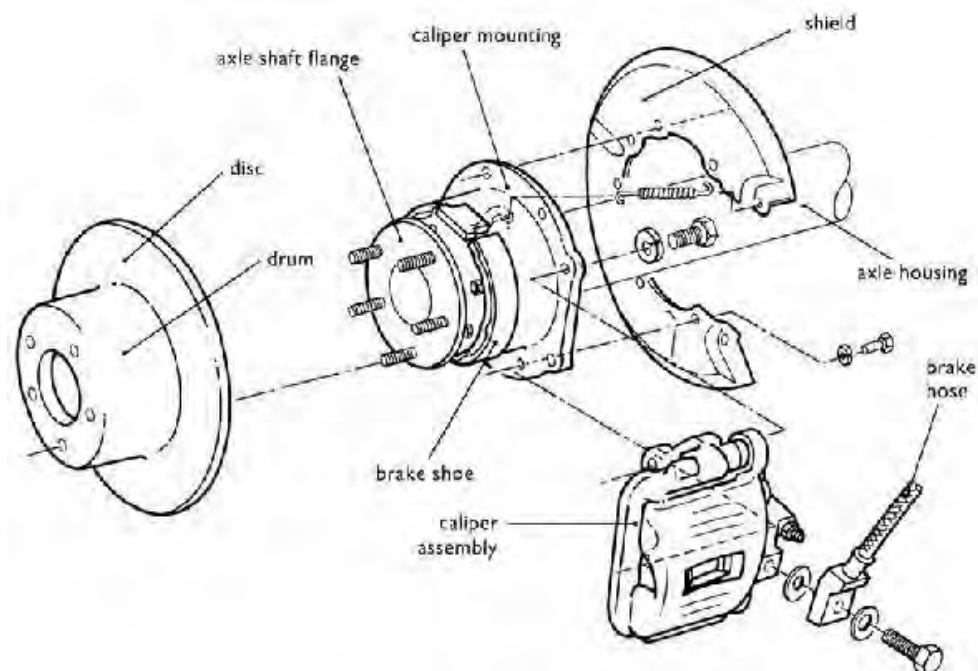
Parking brake yang dipasang pada dash diperlihatkan dalam Gambar 10.23. Brake ini memiliki handle berbentuk T yang dipasang pada sebuah rod. Ketika gagang ditarik keluar untuk mengaktifkan brake, dua pawl (terletak di posisi A) turun ke dalam ratchet teeth, memotong ke dalam rod untuk menahan brake di posisi yang diaplikasikan. Rod mengoperasikan sebuah tuas yang dipasang pada kabel brake depan. Ujung belakang kabel ini dihubungkan pada sebuah equaliser pada kabel-kabel belakang dan dengan demikian gerakan handle mencapai wheel (roda)-wheel (roda) belakang.

Brake release dengan memutar handle. Tindakan ini akan memutar gerigi menjauh dari pawl sehingga rod dapat bergeser ke dalam ke release position (posisi terlepas).

Parking brake dengan Drum Brake

Gambar 10.24 – Rear Drum-Brake Assembly

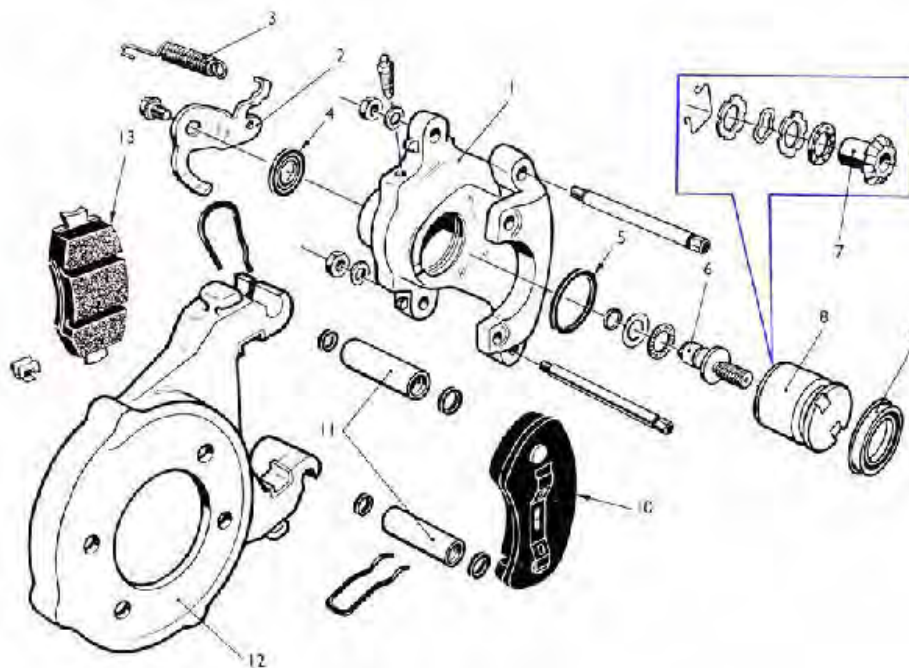
Dengan drum brake, ujung belakang kabel parking brake dipasang pada sebuah tuas di brake assembly (Gambar 10.24). Satu ujung dari tuas diputar pada sebuah pin di bagian atas shoe belakang, dan ujung lainnya berada dalam bentuk pengait (hook) dimana kabel brake terpasang. Sebuah pushrod dipasang di antara tuas dan bagian depan shoe.

Ketika tuas dioperasikan oleh kabel, tuas menggerakkan pushrod dan tindakan ini mendorong shoe depan pada brake drum. Reaksi tuas juga mendorong shoe belakang pada brake drum.

Parking brake dengan Cakram dan Drum Brake Terpisah

Gambar 10.25 – Brake Cakram dengan Assembly Parking brake Jenis Drum Terpisah

Dalam beberapa disc brake belakang, sebuah drum-brake assembly terpisah disediakan khusus untuk parking brake. Gabungan drum dan disc digunakan (Gambar 10.25).

Disc brake beroperasi dengan cara yang biasa di bagian disc dari disc/drum. Parking-brake assembly adalah versi drum brake normal yang lebih kecil dengan dua expanding shoe yang beroperasi di dalam drum. Show dioperasikan melalui sebuah kabel dan tuas.

Parking brake dengan Disc Brake

Gambar 10.26 – Disc-Brake Assembly Belakang dengan Parking brake

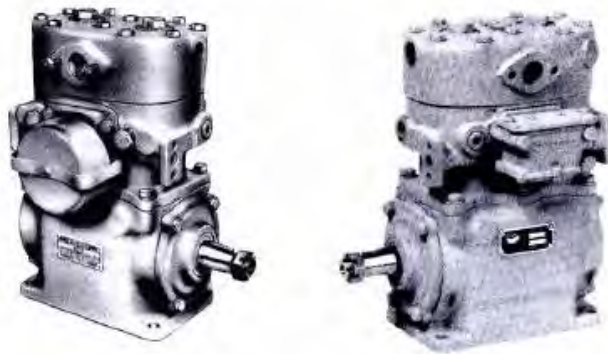
1. Calliper
2. Parking-Brake Actuating Lever
3. Release Spring
4. Dust Seal
5. Piston Seal
6. Lead atau Sekerup Penyetel
7. Mur Penyetel
8. Piston
9. Boot
10. Pad
11. Sleeve
12. Mounting Bracket
13. Pad

Dengan pengaturan ini, brake pad brake cakram diaplikasikan melalui gerakan kabel parking brake. Ujung belakang kabel dipasang pada sebuah tuas pada calliper assembly. Aplikasi dari parking brake memutar screw thread yang dipasang pada tuas, dan ini memiliki gerakan mengembang yang ditransfer ke piston dan dengan demikian ke brake pad. Tindakan ini menekan pad pada cakram dan mengaplikasikan parking brake.

Sebuah calliper housing dan bagian-bagian dari mekanisme operasi parking brake digambarkan dalam Gambar 10.26. Ketika dipasang, actuating lever (2)

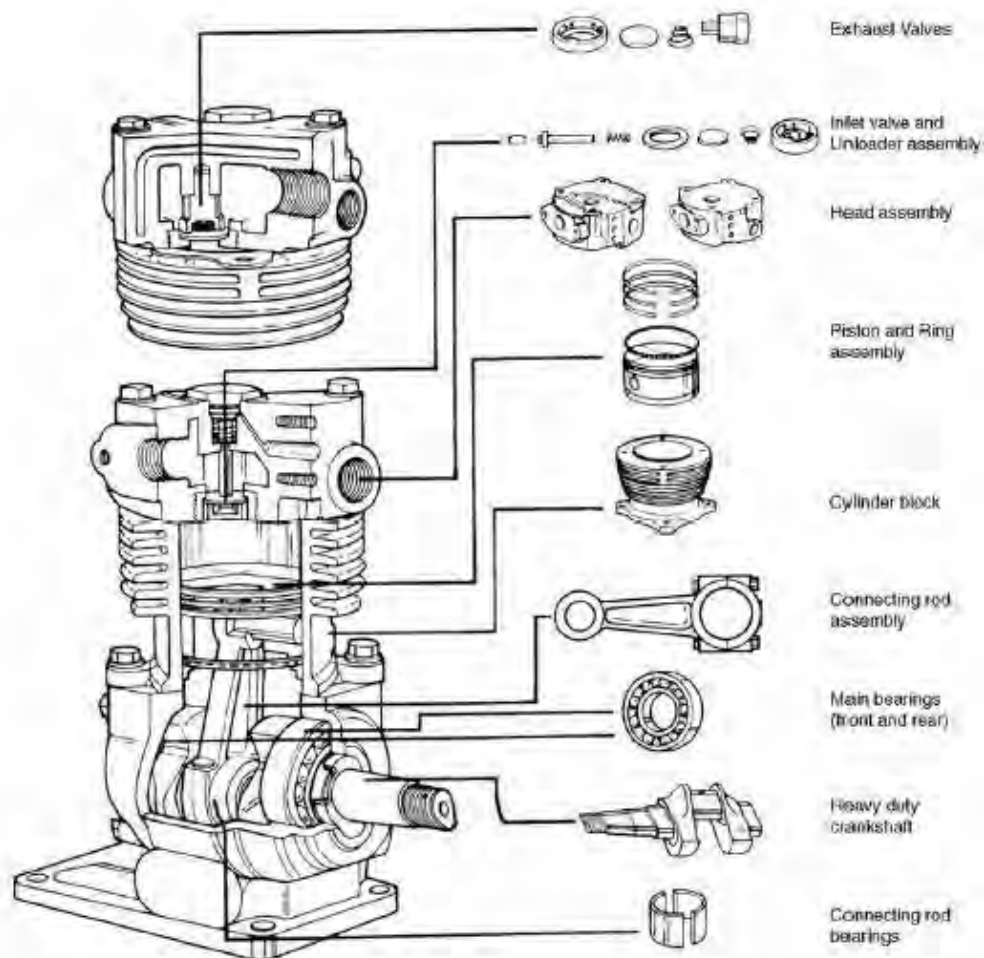
dibaut pada ujung lead screw (6), dan adjusting nut (7) diputar pada lead screw. Bagian belakang piston kosong dan hal ini menampung ujung adjusting nut yang tirus. Gerakan tuas memutar lead screw dan gerakan ini mendorong adjusting nut pada piston untuk mengaplikasikan brake.

KOMPONEN REM SISTEM PNEUMATIK

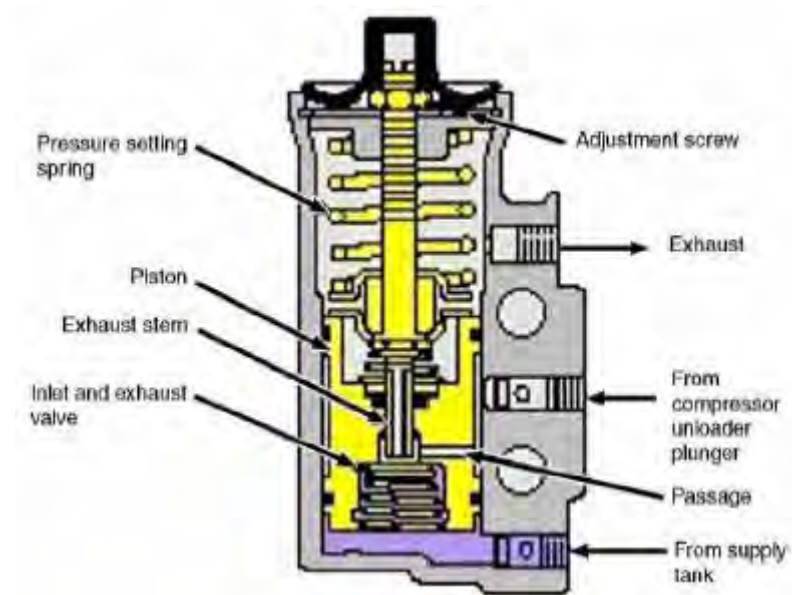
AIR COMPRESSOR

Gambar 10.27

Air compressor digerakkan oleh engine dan dapat berupa kompresor dengan cylinder tunggal atau berjumlah banyak. Penggerak kompresor dapat langsung atau melalui clutch yang tercontrol. Komponen-komponen air compressor sangat mirip dengan komponen-komponen kompresor yang terdapat pada sebuah engine. Compressor crankshaft ditopang oleh main bearing, yang dilumasi dengan oli engine. Connecting rod dipasang pada sebuah crankshaft dan menopang piston dengan ring untuk menyekatnya di dalam lubang cylinder (cylinder bore). Ketika crankshaft diputar oleh engine accessory drive, piston bergerak ke depan dan belakang di dalam lubang yang terdapat di dalam compressor housing.

Connecting rod bearing dan dinding cylinder juga dilumasi oleh oli engine. Oli engine dipompa langsung ke dalam compressor crankshaft. Oli yang tertumpah atau terciprat dari bearing mengalir ke wadah penampungan (sump). Level oli di tempat penampungan ditentukan oleh lokasi oil return line.

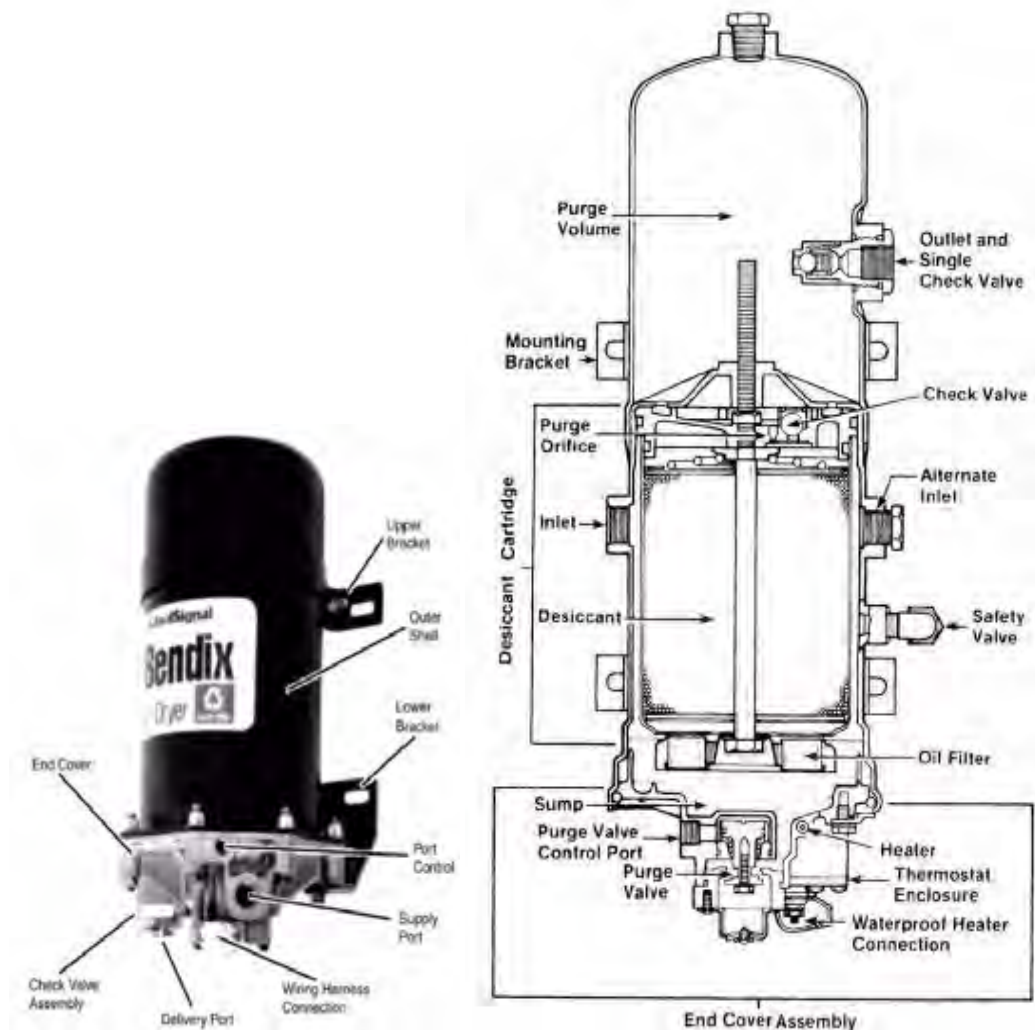
Karena oli yang dipompa ke dalam kompresor dibiarkan untuk mengalir kembali dari wadah penampungannya ke engine crankcase, oli pelumas di dalam kompresor terus berubah. Cylinder head di dalam kompresor memiliki valve-valve yang dirancang untuk membuka dalam one way saja. Sebuah inlet valve dirancang untuk membuka ketika tercipta pressure rendah di dalam cylinder. Sebuah discharge valve dirancang untuk membuka hanya ketika pressure cylinder lebih besar daripada pressure di dalam discharge line.

Gambar 10.28 – Komponen-komponen Air compressor

Komponen-komponen air compressor diperlihatkan dalam Gambar 10.28.

GOVERNOR AIR COMPRESSOR

Gambar 10.29 – Governor Air compressor dalam Posisi Beroperasi (Cut-in)

Gambar 10.29 memperlihatkan komponen-komponen sebuah alat pengatur (governor) pada air compressor. Governor valve melindungi sistem dengan menetapkan pressure udara maksimum dan minimum di dalam reservoir. Governor valve, sementara mengontrol mekanisme unloading kompresor, menghentikan kompresor dari menekan udara setelah dicapai pressure maksimum. Katup (valve) dapat dipasang pada atau di dekat air compressor.

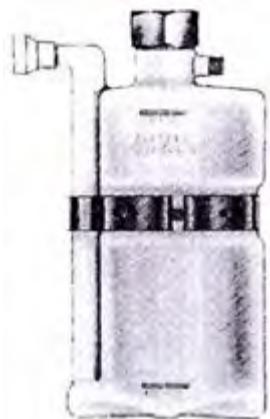
Pada cylinder tunggal, dengan air compressor terus menerus memompa, pengaturan dilaksanakan oleh pressure regulator, yang membuang kelebihan udara ke atmosfer, segera setelah pressure udara maksimum diperoleh.

AIR DRYER

Gambar 10.30 – Air Dryer dan Tampilan Bagian Dalam Air Dryer

Komponen-komponen eksternal pengering udara (air dryer) diperlihatkan dalam Gambar 10.30.

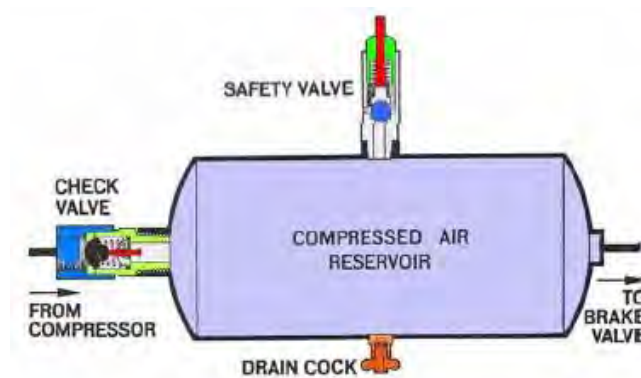
Kegunaan air dryer adalah untuk mengumpulkan dan membuang zat pencemar di dalam sistem udara dalam bentuk zat padat, fluid dan uap sebelum zat-zat ini masuk ke dalam sistem brake. Air dryer memberikan udara yang bersih dan kering pada komponen-komponen sistem brake, yang meningkatkan daya pakai sistem dan mengurangi biaya maintenance (perawatan). Dengan adanya air dryer maka tidak diperlukan lagi pengeringan udara secara manual setiap hari terhadap reservoir.

Air dryer terdiri dari desiccant cartride dan penutup bagian ujung yang terbuat dari die cast aluminum yang dipasang pada rangka luar baja berbentuk cylinder. Penutup ujung terdiri dari check valve assembly, safety valve, tiga threaded air connection dan purge valve housing assembly. Purge valve housing yang dapat dilepas merupakan bagian dari mekanisme purge valve dan fitur turbo charger cut-off, yang dirancang untuk mencegah kehilangan pressure pendorong “turbo” mesin selama cycle (siklus) purge alat pengering udara. Agar mudah dioperasikan, desiccant cartridge dan discharge check valve assembly dibuat dari jenis yang memiliki screw. Purge valve housing assembly, yang mencakup heater dan thermostat assembly, dan discharge valve assembly, dapat dioperasikan dari bagian luar air dryer, sementara penyervisan screw-in desiccant cartridge mengharuskan releasenya air dryer assembly dari kendaraan.

ALCOHOL EVAPORATOR

Gambar 10.31 – Alcohol Evaporator

Tidak semua uap air di dalam udara dapat disingkirkan. Alcohol evaporator digunakan di sejumlah sistem untuk membantu mencegah cuaca yang sangat dingin. Uap alkohol dimasukkan ke dalam sistem melalui alcohol evaporator.
Alat ini membentuk larutan dengan air dan menurunkan titik bekunya. Alcohol evaporator harus ditempatkan ke arah mulut air dryer. Adalah penting untuk menggunakan alkohol yang hanya diperuntukkan bagi sistem brake udara.

Brake valve mengontrol bagian-bagian yang bergerak, dan kebanyakan dilumasi pada saat dipasang sehingga dapat bertahan lama sesuai dengan masa pakai komponen-komponen. Alkohol murni (methyl hydrate atau mythl alcohol) dapat membjuat pelumas di dalam brake valve menjadi kering, sehingga menyebabkan failure (kerusakan) fungsi secara dini. Alkohol yang dijual khusus untuk penggunaan sistem brake mengandung pelumas brake valve. Gambar 10.31 memperlihatkan unit alcohol evaporator yang lazim dijumpai.

SUPPLY TANK

Gambar 10.32 – Air tank Berpressure

Supply tank (reservoir) yang digunakan dalam sistem braking/pengereman udara untuk kendaraan angkutan berat jalan raya umumnya memiliki check valve, safety valve dan sarana untuk mengeringkan air. Reservoir dapat juga memiliki gauges (alat pengukur) pressure dan low pressure indicator.

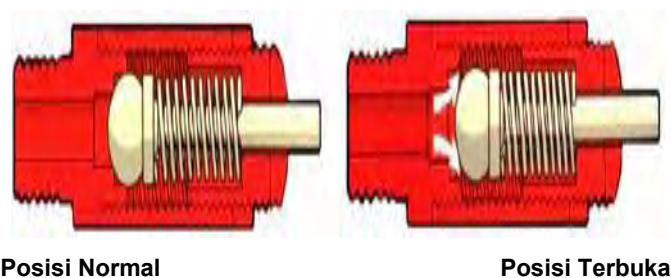
Tujuan air reservoir adalah untuk menyimpan dan mendinginkan udara berpressure agar siap digunakan oleh komponen-komponen sistem udara. Lokasi reservoir sebagian besar ditentukan oleh parameter design kendaraan. Akan tetapi, hal yang dianjurkan adalah agar reservoir ditempatkan pada titik serendah mungkin di dalam sistem braking/pengereman.

Suplai atau reservoir “wet (basah)” adalah reservoir pertama di dalam sistem. Saat udara berpressure dari air compressor masuk ke dalam reservoir, udara mengembang, menjadi dingin dan membentuk tetesan-tetesan air yang jatuh ke

bagian bawah reservoir, yang dapat dikeringkan secara berkala. Udara kemudian mengalir ke service reservoir, siap untuk digunakan oleh komponen-komponen. Beberapa sistem juga memiliki **purge tank** yang terletak di bagian atas dari supply tank. Tujuannya adalah untuk lebih mengurangi kemungkinan kontaminan terpompa melalui sistem. Fungsi supply tank adalah untuk mensuplai semua tangki lainnya di dalam sistem udara chassis kendaraan.

Dalam sistem brake, hal ini akan terdiri dari tangki primary dan sekunder. Sama halnya dengan semua tangki lainnya yang ada pada chassis kendaraan, dinding bagian dalam supply tank dilapisi dengan lapisan anti karat. Lapisan anti karat melindungi dinding baja air tank dari korosi oleh uap air. Akan tetapi, lapisan itu sendiri rentan terhadap bahan bakar karbon yang dapat disebabkan oleh kompresor yang memompa oli.
Ukuran reservoir tergantung pada ukuran sistem dan peraturan di tempat dimana sistem ini digunakan. Sebagai contoh, peraturan rancangan dari beberapa negara menyatakan 12 aplikasi brake harus tersedia apabila suplai udara terhenti. Ini berarti bahwa reservoir harus dapat menampung paling tidak 12 kali kapasitas komponen-komponen yang menggerakkan sistem.

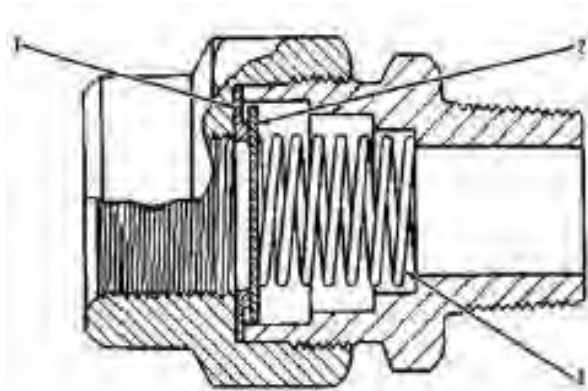
Safety Valve pada Reservoir

Posisi Normal **Posisi Terbuka**

Gambar 10.33 – Safety Valve

Kegunaan safety valve adalah untuk melindungi komponen-komponen di dalam sistem apabila governor pada air compressor tidak beroperasi dengan benar atau apabila terjadi kebakaran di dalam mesin ketika safety valve akan membuka guna mencegah ledakan.

Apabila governor pada kompresor tidak berfungsi dengan benar, pressure udara akan menjadi terlalu tinggi. Safety valve akan membuka pada tingkat (pressure) yang telah ditentukan sebelummya, yaitu sedikit lebih tinggi daripada system pressure (pressure sistem), dan tidak dapat disetel.

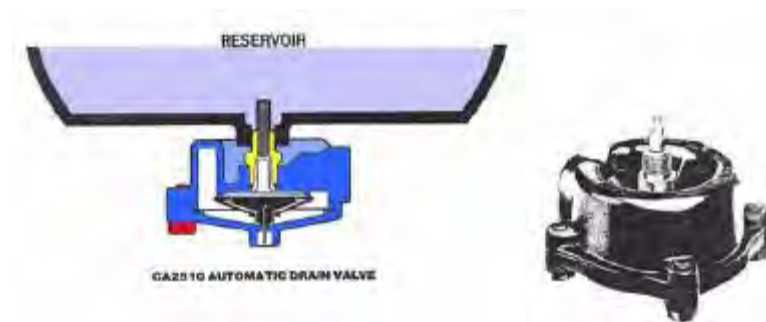
Gambar 10.33 memperlihatkan safety valve dalam posisi normal dan terbuka. Dalam posisi normal, spring (spring) menahan ball di tempat kedudukannya selama pressure udara di dalam tangki tidak melebihi pressure yang telah ditentukan di dalam valve.
Ketika pressure udara di dalam tangki melebihi force (tenaga)/gaya spring, seperti yang diperlihatkan dalam gambar di bawah, udara menggerakkan ball keluar dari tempat kedudukannya dan udara dikeluar melalui rongga spring (spring cavity) dan melewati rod ke arah kanan.

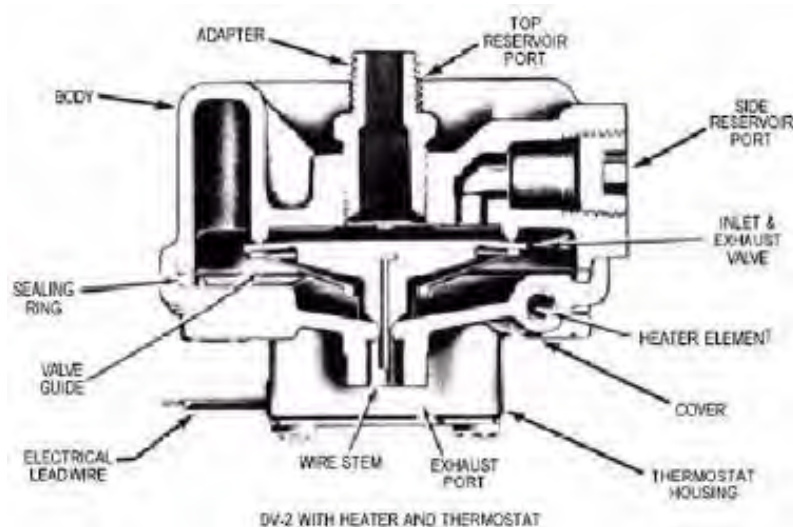
Check Valve pada Reservoir

Gambar 10.34 – Check Valve

Check valve one way (Gambar 10.34) terletak pada supply cord tangki dari kompresor. Kegunaan valve adalah untuk mencegah aliran balik udara ke kompresor ketika engine berhenti atau dalam kasus-kasus dimana pressure tangki menjadi lebih tinggi daripada pressure dari kompresor.

Item 1 dari Gambar 10.34 adalah tempat kedudukan (seat), item 2 adalah valve dan item 3 adalah spring (spring). Ketika pressure udara di dalam air compressor lebih tinggi daripada pressure di dalam reservoir, valve akan terdorong pada

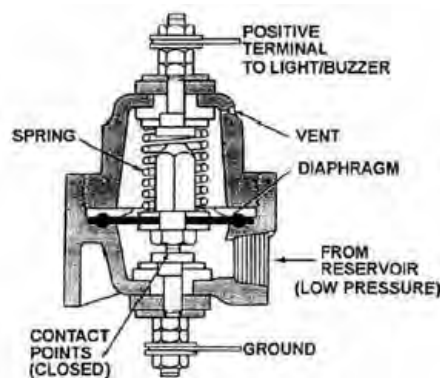
gaya spring guna memungkinkan agar udara mengalir dari komrpesor ke tangki. Ketika pressure tangki lebih tinggi daripada pressure udara di dalam kompresor, valve menutup pada seat-nya oleh combination (kombinasi) pressure udara di dalam reservoir dan gaya spring, sehingga menghentikan aliran balik udara reservoir ke outlet kompresor.

Automatic Reservoir Drain Valve

Gambar 10.35 – Drain Valve

Kegunaan drain valve pada reservoir adalah untuk memungkinkan pembuangan kontaminan yang mungkin telah terakumulasi di dalam reservoir udara. Drain valve pada reservoir dapat berbentuk drain valve yang dioperasikan secara manual, yang perlu dibuka secara teratur (biasanya setiap hari atau sebagaimana dianjurkan oleh pabrik pembuat), atau dari jenis otomatis, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 10.35.

Gambar 10.36

Service reservoir biasanya dilengkapi dengan gauges (alat pengukur) pressure. Dalam sistem braking/pengereman circuit ganda, kedua circuit memiliki gauges (alat pengukur) pressure.

Drain valve otomatis pada reservoir menyemburkan uap air dan kontaminan dari reservoir yang dihubungkan padanya. Drain valve ini beroperasi secara otomatis dan tidak memerlukan bantuan manual atau saluran pengontrol dari sumber-sumber lain. Kompone-komponen valve, yang disertai dengan heater, diperlihatkan dalam Gambar 10.36 di atas.

Low pressure indicator pada Reservoir

Gambar 10.37 – Low pressure indicator

Reservoir sering kali dilengkapi dengan low pressure indicator. Low pressure indicator adalah alat safety/warning (peringatan) yang mengaktifkan lampu (visual) atau buzzer (dengan suara) ketika system pressure (pressure sistem) turun di bawah titik yang telah ditentukan. Indikator ini berfungsi sebagai switch listrik yang dicontrol dengan udara.

SS. Rangkuman

1. **Komponen rem sistem hidrolik**

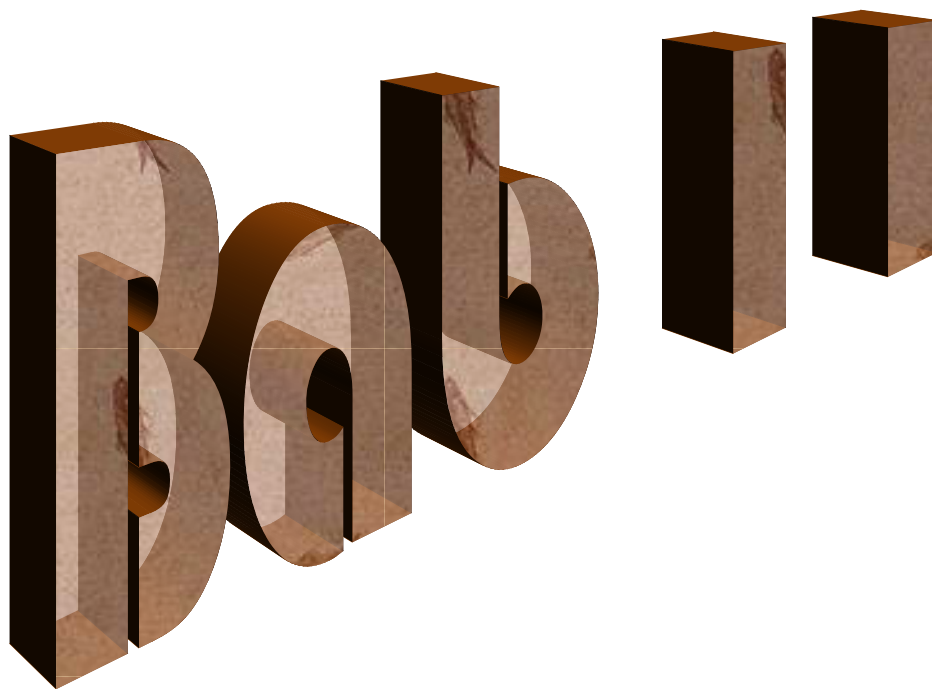
   Komponen utama rem sistem hidrolik adalah: *Master Cylinder, Wheel Cylinder* dan *Power Brake Unit.* Drum brake memiliki komponen utama: wheel cylinder, brake shoe, brake lining, anchor, return spring dan brake drum. Caliper disc memiliki komponen utama: *caliper dan disc*.

2. **Komponen rem sistem pneumatik**

   Komponen utama dari rem sistem pneumatik adalah: air compressor, governor air compressor, air dryer, evaporator, supply tank, safety valve dan check valve.

TT. Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini dengan jelas dan benar.

1. Sebutkan dan jelaskan komponen utama pada brake sistem hidrolik.
2. Sebutkan nama dan fungsi dari komponen utama *disc brake*
3. Sebutkan nama dan fungsi dari komponen utama *drum brake*
4. Sebutkan dan jelaskan komponen utama pada brake sistem pneumatik
5. Sebutkan fungsi dan konstruksi *safety valve*

BAB 11 Sistem Rem Hidrolik dan Pneumatik

UU. Deskripsi

Pembelajaran memahami Sistem Rem Hidrolik dan Pneumatik adalah salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa dalam mata pelajaran *Power Train* dan Hidrolik Alat Berat.

Dalam bab ini akan dipelajari tentang Track *Type tractor Steering* yang didalamnya akan dibahas mengenai:

A. Sistem Rem Hidrolik

B. Sistem Rem Pneumatik

VV. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan Pembelajaran pada Bab XI ini siswa diharapkan dapat :

A. Memahami Sistem Rem Hidrolik
B. Memahami Sistem Rem Pneumatik

WW. Materi

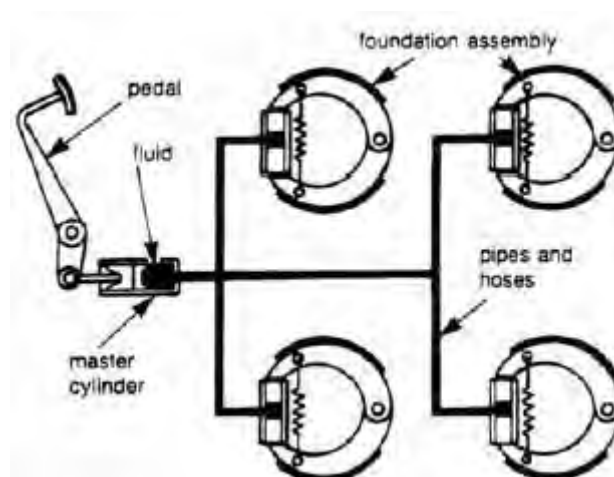
SISTEM REM HIDROLIK

Dengan menggunakan prinsip Hukum Pascal, hydraulic brake terdiri dari master cylinder dimana tekanan hydraulic dihasilkan, wheel cylinder (atau caliper) dimana *brake shoe* (atau *pad*) menekan drum dengan hydraulik yang dihasilkan dan pipa atau flexible hose penghubung master cylinder dan wheel cylinder dari hydraulic circuit.

(1) Kelebihan hydraulic brake

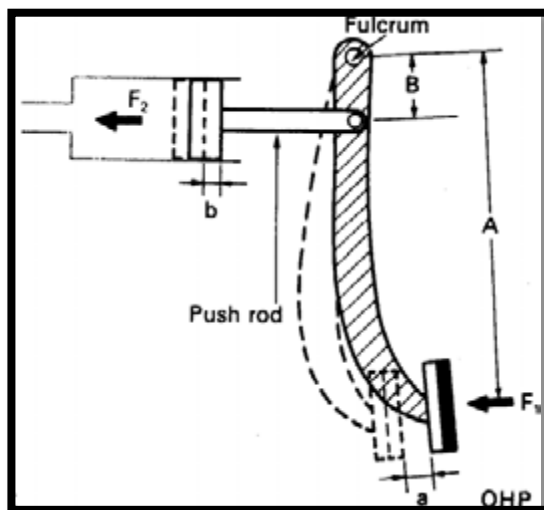
- Gaya Pengereman yang dihasilkan sama di setiap roda
- Kehilangan gaya gesekan sedikit karena pelumasannya menggunakan brake oil
- Sedikit tenaga pada saat pengoperasian karena menggunakan brake oil

(2) Kekurangan hydraulic brake

- Performa pengereman akan hilang karena rusaknya hydraulic system
- Performa pengereman akan memburuk karena danya udara pada oil line
- Dapat terjadi vapor lock pada hydraulic line

Gambar 11.1 – Layout Sistem Braking/pengereman Hydraulic yang Sangat Dasar

Gambar 11.1 di atas memperlihatkan susunan sistem braking/pengereman hydraulic. Tujuan gerakan hydraulic adalah untuk memberikan kekuatan yang diperlukan untuk menggerakkan brake. Komponen-komponennya adalah sebagai berikut:

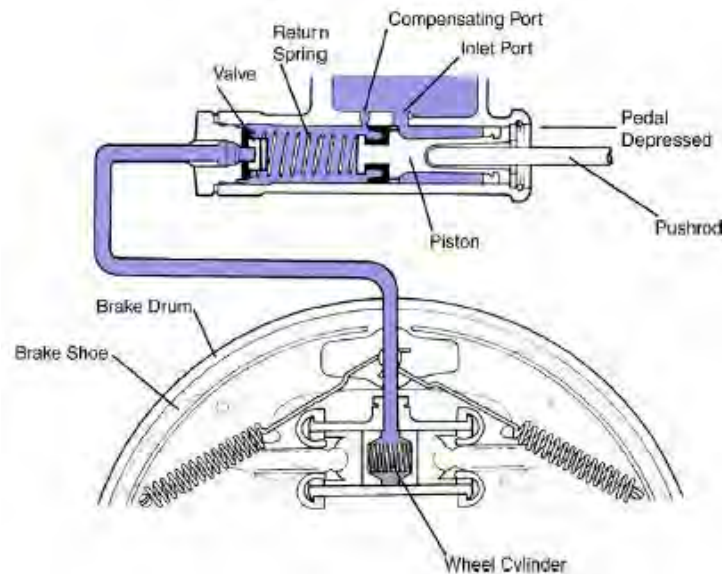
1. **Pedal brake**

Untuk meringankan pengontrolan rem, menggunakan prinsip pengungkitan, perbandingan pengungkit brake pedal, tekanan pada push rod dan tekanan hydraulic pada master cylinder diperhitungkan dengan cara sebagai berikut.

Cara kerja pedal rem didasarkan pada prinsip tuas yang merubah tekanan pedal rem yang kecil menjadi besar.

$$F2 = F1 \times \frac{A}{B}$$

F1 : Tenaga pedal (kg).
F2 : Output push rod (kg).
A1 : Jarak pedal ke fulcrum.
A2 : Jarak pushrod ke fulcrum.

Berdasarkan hukum Pascal : Tekanan pada zat cair akan diteruskan ke segala arah dengan tekanan yang sama besar.

2. Master Cylinder

Gambar 11.2 – Basic Master Cylinder Dihubungkan ke Cylinder Wheel (roda)

Gambar 11.2 memperlihatkan master cylinder sederhana yang dihubungkan ke cylinder wheel (roda) pada drum brake assembly. Ketika pedal diinjak, piston bergerak pada downstroke dan menutup compensating port. Hal ini menjebak fluid di depan piston dan kemudian mendorong fluid melewati check valve di ujung cylinder masuk ke dalam brake line.

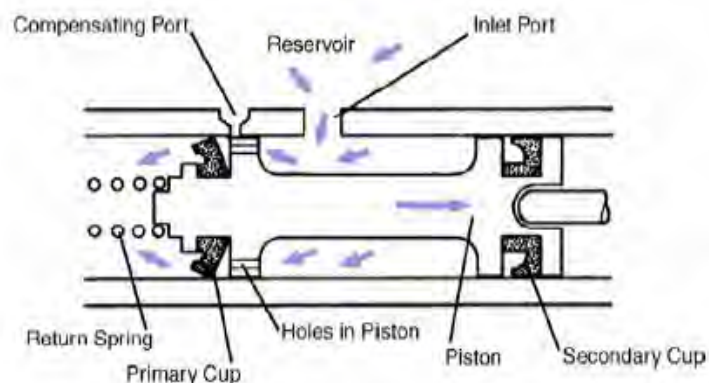
Fluid yang pindah ke cylinder wheel (roda) memisahkan piston-piston dan menyebabkan brake shoe terkena kontak dengan brake drum. Saat pedal brake ditekan lebih banyak lagi, pressure meningkat dan mendorong shoe lebih kuat lagi pada drum untuk mengaplikasikan brake.

Return stroke (gerakan balik)

Pada saat return stroke (gerakan balik), pedal brake release dan pressure spring pada piston mendorong piston bergerak balik ke cylindernya. Fluid sekarang mengalir dari cylinder wheel (roda) ke arah master cylinder. Tegangan dari spring brake shoe menarik brake shoe menjauh dari brake drum dan ini mendorong wheel cylinder piston ke arah dalam. Oleh karena itu, fluid kembali ke master cylinder.

Akan tetapi, sejumlah fluid tertahan di saluran-saluran oleh check valve pada ujung master cylinder. Pressure ini, yang dikenal dengan pressure residual,

memastikan wheel cylinder cup mengembang sehingga mencegah terjadinya leak (kebocoran), dan juga mengurangi kemungkinan terjadi leak (kebocoran) udara yang masuk ke dalam sistem.

Gerakan di Dalam Cylinder Saat Pedal di - Release.

Gambar 11.3 – Tampilan Dalam Master Cylinder dengan Piston pada Return stroke (gerakan balik); Fluid Mengalir Melewati Primary Cup

Cylinder memiliki gerakan yang dikenal sebagai recuperating. Gerakan ini memastikan cylinder penuh dengan fluid siap untuk aplikasi braking/pengereman berikutnya. Gerakan ini diperlihatkan dalam Gambar 11.3.

Ketika pedal brake release dengan cepat, piston dikembalikan oleh springnya lebih cepat daripada fluid dapat mengalir kembali ke dalam cylinder. Hal ini menciptakan adanya pressure rendah di depan piston, sehingga untuk sementara pressure di dalam reservoir lebih tinggi daripada pressure di dalam cylinder.

Hal ini menyebabkan adanya sejumlah kecil fluid mengalir dari reservoir, melalui inlet port, dan melalui lubang-lubang kecil di dalam kepala piston, dan melewati primary cup ke depan bagian sillinder. Ketika pedal diinjak dengan cepat, fluid tambahan (additional) terperangkap di depan piston dan gerakan pedal menjadi berkurang.

Ketika brake dipompa, yaitu, diaplikasikan dengan cepat selama beberapa kali, maka fluid tambahan (additional) ditransfer ke bagian depan cylinder dengan cara ini. Hal ini akan mengurangi gerakan pedal pada setiap pompa berikutnya, sehingga pada akhirnya brake dapat ditahan dengan gerakan pedal yang sangat sedikit. Ketika brake release, fluid tambahan (additional)

yang berada di depan piston ini mengalir kembali ke reservoir melewati compensating port.

Berikut adalah keterangan yang menjelaskan apa yang terjadi ketika brake diinjak dan kemudian release:

Brake diinjak. Ketika brake diinjak, fluid dari master cylinder mencapai poppet valve melalui jalur C dan melewati hollow piston ke outlet port D, dan seterusnya ke brake belakang. Poppet valve akan tetap terbuka sampai pressure yang telah ditentukan tercapai dalam brake circuit belakang. Ketika hal ini terjadi, pressure terhadap piston akan mengatasi kekuatan spring dan menggerakkannya pada ujung tirus poppet valve. Hal ini akan menutup valve dan mencegah meningkatnya pressure brake belakang lebih lanjut.

Brake diinjak. Saat pressure pada pedal brake ditingkatkan, pressure didalam master cylinder akan meningkat dan mendorong piston menjauh dari poppet valve. Hal ini akan memungkinkan pressure brake berlakang meningkat sebanding dengan brake depan. Pressure dalam sistem akan sebanding dengan cara ini kapan pun brake diinjak. (Apa yang sesungguhnya terjadi adalah bahwa pressure belakang diatur oleh valve dan spring sehingga akan selalu ada perbedaan di antara pressure depan dan belakang).

Brake release. Ketika brake release, piston akan bergerak menjauh dari poppet valve sehingga valve terbuka untuk releasing (melepaskan) pressure di dalam sistem.

3. **Saluran dan hose brake**

   Menghubungkan master cylinder ke brake assembly pada wheel (roda).

4. **Brake fluid**

   Kebanyakan brake fluid yang digunakan oleh kendaraan-kendaraan di jalan raya adalah yang berbahan dasar glycol (bukan berbahan dasar petroleum) dan memiliki sifat „higroskopis‟, yang artinya bahwa fluid ini menyerap uap air, baik itu dari dalam sistem atau dari atmosfer.

   Sifat-sifat penting brake fluid adalah sebagai berikut:

- **Viscosity (kekentalan) (viscosity).** Viscosity (kekentalan) harus cocok untuk semua kondisi iklim, sehingga fluid akan selalu mengalir bahkan pada saat temperatur rendah dan tidak akan menjadi encer secara berlebihan pada saat temperatur tinggi.
- **Boiling point (titik didih) yang sesuai.** Suhu yang sangat heat (panas) dihasilkan di dalam sistem braking/pengereman dan fluid harus mampu menahan suhu heat (panas) ini tanpa mendidih. Apabila fluid mendidih, maka suatu bagian dari fluid di dalam sistem akan berubah menjadi gas. Hal ini sama seperti memiliki udara di dalam sistem, karena gas akan menjadi padat ketika ketika brake diinjak, dan ketika gas menjadi padat hal ini akan menimbulkan kondisi yang berbahaya.
- **Pengontrolan karet yang membengkak.** Fluid yang tidak sesuai akan menyebabkan rubber seal membengkak. Zat tambahan (additional) (additif) mengubah kecenderungan ini dan mengontrol dampak pembengkakan. Pembengkakan yang terjadi secara terbatas masih dapat diterima, karena hal ini berangsur-angsur akan mengimbangi wear (keausan) pada seal.
- **Pencegahan korosi dan serangan.** Fluid harus memiliki sifat-sifat yang dapat mencegah korosi pada komponen-komponen logam dan serangan terhadap rubber seal. Fluid juga harus berfungsi sebagai pelumas terhadap komponen-komponen yang bergerak pada master dan wheel cylinder.
- **Compatibility (kesesuaian).** Brake fluid harus sesuai dengan fluid dari pabrik pembuat lainnya; yaitu, satu merek fluid harus dapat bercampur dengan fluid lainnya.

Pemerintah lokal menentukan standar yang harus dipatuhi oleh produsen fluid berbahan dasar glycol. Standar-standar ini mencakup boiling point (titik didih) fluid dan juga persyaratan-persyaratan kinerja lainnya. Informasi ini biasanya tersedia pada label kontainer fluid. Fluid dari jenis yang sama, yang memenuhi standar-standar yang sama, dapat dicampur. Fluid berbahan dasar glycol dan fluid berbahan dasar silikon tidak boleh dicampur.

Anda harus bersikap hati-hati dengan berusaha mencegah terjadinya kontaminasi terhadap fluid. Kontainer yang digunakan untuk brake fluid harus benar-benar bersih, dan tidak boleh digunakan lagi apabila pernah digunakan sebelumnya untuk oli, minyak tanah atau produk minyak mineral lainnya. Bahkan sisa sedikit saja dari bahan-bahan ini akan menyebabkan rubber seal menggelembung dan lama kelamaan rusak.

Apabila dicurigai bahwa terdapat kontaminasi terhadap fluid di dalam sistem, maka dapat dilakukan pengetesan yang sederhana. Tempatkan sedikit fluid yang dicurigai telah tercemar di dalam wadah gelas bersih dan biarkan beberapa saat. Apabila fluid terpisah menjadi dua lapisan yang berbeda, berarti terdapat oli mineral di dalamnya. Sistem kemudian harus dibersihkan dengan air, dan semua komponen yang terbuat dari karet, misalnya cup dan hose, harus diganti.
Fluid berbahan dasar glycol harus diganti untuk jangka waktu tidak lebih dari dua belas bulan untuk memastikan bahwa kandungan uap air dijaga seminimum mungkin sehingga dapat mempertahankan boiling point (titik didih) yang tinggi. Apabila sistem brake hydraulic dibiarkan terkena paparan pada udara dalam jangka waktu yang cukup lama, maka fluid harus diganti dan sistem dikeringkan. Apabila terdapat keraguan mengenai usia pakai dan kondisi brake fluid, fluid tersebut haris dites dan bila perlu, hasilnya dilaporkan.

Ketika menangani brake fluid beberapa hal berikut penting harus dipahami:

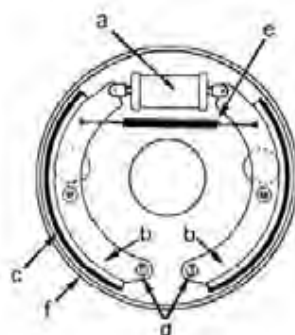
- Fluid harus disimpan di dalam kontainer aslinya yang dengan jelas memberikan informasi mengenai isi kontainer tersebut. Kontainer harus ditutup dengan rapat dan bebas dari bahan pencemar. Brake fluid memiliki usia pakai yang terbatas.
- Petunjuk pada kontainer harus dibaca dan dipatuhi.
- Brake fluid tidak boleh digunakan ulang dalam keadaan dan situasi bagaimanapun dan harus dibuang sesuai dengan kebijakan pengontrolan kontaminasi yang berlaku.

- Apabila terjadi tumpahan pada permukaan cat atau pakaian, fluid harus dibersihkan segera guna mencegah terjadinya kerusakan pada permukaan yang terkena tumpahan.

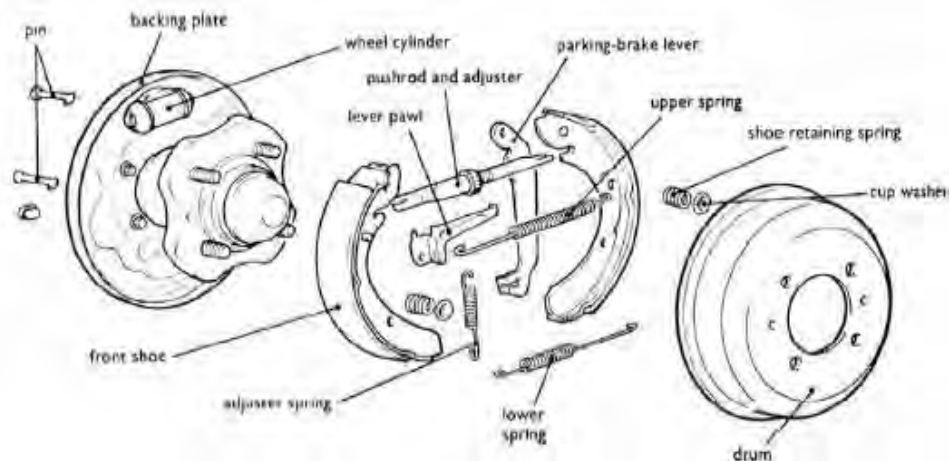
Produk-produk yang berbahan dasar petroleum tidak boleh digunakan untuk membersihkan komponen-komponen brake karena petroleum bereaksi terhadap komponen-komponen sealing dan menyebabkan komponen-komponen tersebut menggelembung.
Brake fluid harus memenuhi persyaratan dari Departemen Transportasi – DOT. Oleh karena itu, fluid yang tersedia diberi label DOT3, DOT4, dlsb. Ketika menambah atau mengganti brake fluid, gunakan selalu fluid yang benar. Spesifikasi-spesifikasi dari pabrik pembuat kendaraan dan/atau fluid harus dipatuhi sebelum menambah atau mengganti brake fluid. Fluid DOT3 dan DOT4 merupakan fluid berbahan dasar glycol untuk penggunaan umum dan temperatur tinggi.
Akan tetapi, fluid DOT5, adalah fluid berbahan dasar Sintetis (Silikon). Jenis fluid ini tidak memiliki masalah penyerapan uap air yang sama dengan fluid berbahan dasar glycol dan memiliki boiling point (titik didih) yang sangat tinggi sehingga memberikan operasi dan daya pakai yang lebih lama. Biaya fluid berbahan dasar silikon dan karakteristik kinerjanya membuat fluid DOT5 digunakan secara terbatas.

5. Brake assembly

Terdiri dari 2 macam yaitu drum brake dan disc brake

- **Drum Brake**

Gambar 11.4

Gambar 11.4 memperlihatkan konstruksi drum brake assembly. Landasan dasar brake terdiri dari:

a. Wheel cylinder
b. Brake shoe
c. Brake lining
d. Anchor/stop
e. Return spring
f. Brake drum

Gambar 11.5

Gambar 11.5 memperlihatkan daftar komponen-komponen yang lebih rinci.

CATATAN:

Istilah foundation brake (brake landasan) (foundation brake) tidak selalu mencakup wheel cylinder karena digolongkan sebagai komponen mekanis sistem brake dan wheel cylinder adalah dalam bentuk hydraulic.

Backing Plate

Plate untuk brake depan dipasang pada steering knuckle, dan backing plate untuk brake belakang dipasang pada axle flange. Backing plate menopang semua komponen-komponen brake yang tidak bergerak, yang mencakup wheel cylinder, brake shoe, return spring, retaining spring, anchor dan adjuster.

Backing plate adalah steel pressing yang bagian luarnya diberi pinggir agar dapat dipasang pada bagian pinggir drum. Back plate tidak saja berfungsi sebagai penopang brake shoe dan komponen-komponen

terkaitnya, tetapi juga berfungsi sebagai pelindung terhadap kotoran dari jalan.

Brake Shoe

Gambar 11.6 – Brake Shoe

Brake shoe dibentuk untuk disesuaikan dengan bentuk brake drum. Sebuah shoe terdiri dari web dan flange. Web disediakan untuk memperkeras flange dan mencegah shoe agar tidak mengalami distorsi. Flange dipasang dengan lining dari material friksi yang dipaku keling (rivet) atau disatukan (Gambar 11.6). Kebanyakan mobil penumpang dan kendaraan komersial ringan memiliki lining brake yang disatukan (bonded brake lining). Kebanyakan kendaraan berat memiliki lining brake yang dipaku keling (riveted lining) atau lining brake yang dibaut (bolted brake lining).

Brake Lining adalah gabungan antara serat, resin sintetis, material friksi dan material yang mengeluarkan heat (panas). Gabungan tersebut dibentuk dalam cetakan (die) sesuai dengan bentuk dan ukuran lining dan diproses pada pressure dan temperatur tinggi.

Lining dari jenis ini dirancang untuk tahan terhadap pressure dan temperatur tinggi. Untuk mencapai ini, lining harus dapat mentransfer heat (panas) ke brake shoe. Beberapa dari fibre yang digunakan dalam brake lining adalah penyekat heat (panas) yang baik, dan untuk

mengimbangi ini, partikel-partikel logam lunak, misalnya zinc, dapat disertakan „dalam material lining." Partikel-partikel logam adalah penghantar heat (panas) yang baik sehingga membantu memindahkan heat (panas) dari permukaan lining.

Bonded lining dipasang pada shoe melalui perekat yang diproses dibawah kondisi heat (panas). Saat proses bonding, bagian belakang lining dan flange permukaan brake shoe dilapisi dengan perekat khusus. Lining dan shoe dijepit bersama dan ditempatkan dalam oven dimana keduanya diheat (panas)kan dan diproses dengan metode bonding. Setelah release dan didinginkan, lining digerinda radius (radius-ground) untuk disesuaikan dengan bentuk brake drum.

Return Spring

Spring (spring) dipasang pada brake shoe untuk menempatkan brake shoe pada backing plate. Spring-spring lain digunakan untuk menempatkan shoe dalam posisinya atau menahan shoe bersama.

Anchor

Anchor digunakan untuk memasang bagian-bagian ujung shoe dengan menyediakan tempat sebagai tumpuan bagi shoe. Anchor pin digunakan untuk menahan bagian-bagian ujung beberapa return spring.

Brake Drum

Brake drum dibuat dari baja tuang campuran atau baja fabrikasi. Keduanya memiliki koefisien friksi yang berbeda, sehingga tidak boleh saling ditukar. Brake drum dibuat dalam beberapa ukuran yang berbeda, tetapi ukuran 16,5 inci (42 cm) sejauh ini adalah yang paling lazim. Permukaan friksi (friction facing) yang digunakan dalam brake lining sekarang, yang tidak menggunakan asbes, cenderung lebih keras. Ini berarti bahwa friction facing pada shoe tahan lebih lama tetapi dapat juga menjadi lebih keras pada brake drum.

Sudah merupakan kegiatan rutin dalam beberapa aplikasi untuk mengganti brake drum pada setiap pekerjaan brake bersama dengan

shoe. Brake drum cenderung mengeraskan service. Apabila brake drum memperlihatkan heat check (crack (retak)an-crack (retak)an kecil) dan perubahan warna karena heat (panas) (bagian yang berwarna biru mengkilat), maka brake drum harus diganti, bukan digerinda dengan mesin. Karena harga drum relatif murah, maka drum jarang digerinda dengan mesin setelah diservis. Akan tetapi, karena brake drum cenderung mengalami distorsi sehingga tidak lagi bundar ketika disimpan untuk jangka waktu yang lama, maka tindakan yang baik adalah menggerinda drum saat masih baru, setelah memasangnya pada wheel assembly, untuk memastikan bahwa brake drum dan wheel assembly konsentris.

Setelah brake drum diganti, ukuran yang benar dan bobotnya harus diamati untuk memastikan bahwa brake seimbang. Brake drum yang memiliki bobot yang berbeda akan mengalami kerusakan pada saat terjadi temperatur yang berbeda. Ketika brake drum digerinda dengan mesin, pastikan bahwa maksimum penggerindaan dan dimensi service dipatuhi. Untuk brake drum berukuran 420 mm (16,5 inci), maksimum dimensi service yang diizinkan adalah 3 mm (0,120 inci) dan maksimum dimensi penggerindaan adalah 2,3 mm (0,090 inci).

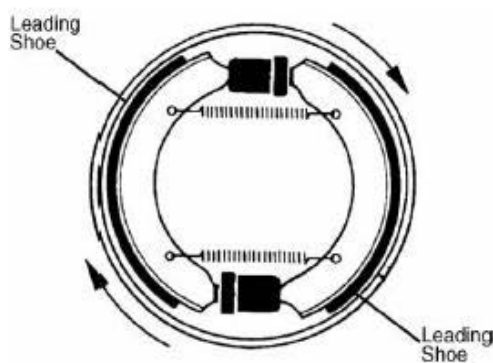
Gerakan Braking/pengereman

Ada tiga jenis brake assembly yang tersedia, yaitu leading-trailing, dua leading dan duo-servo. Setiap sistem memiliki keuntungannya masing-masing dan berfungsi dengan tingkat penghasilan energi diri yang berbeda-beda. Penghasilan energi adalah gerakan penjepitan progresif (progressive wedging action) lining terhadap brake drum saat wheel (roda) berputar.

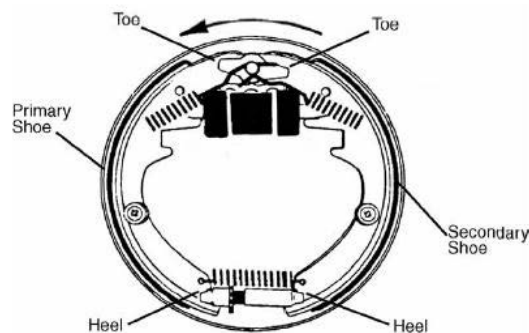
Leading dan Trailing Shoe

Gambar 11.7

Leading dan trailing shoe assembly (Gambar 11.7) memiliki brake shoe yang diberi axle (poros) pada bagian bawah dan wheel cylinder berujung ganda di bagian atas, yang mengaplikasikan kekuatan pada kedua shoe. Ketika melaju pada arah ke depan, shoe depan adalah leading shoe dan memberikan daya braking/pengereman terbesar dengan menghasilkan energi sendiri.

Shoe belakang adalah trailing shoe yang memberikan sedikit upaya braking/pengereman dan memiliki sedikit atau tidak ada dampak penghasilan energi sama sekali. Ketika kendaraan dibrake pada arah yang berlawanan, leading shoe menjadi trailing shoe dan trailing shoe menjadi leading shoe.

Dua Leading Shoe

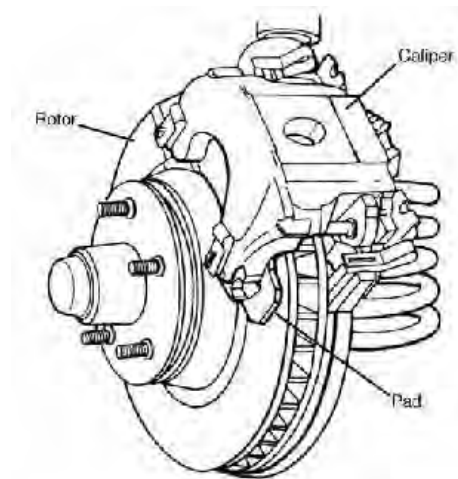
Gambar 11.8

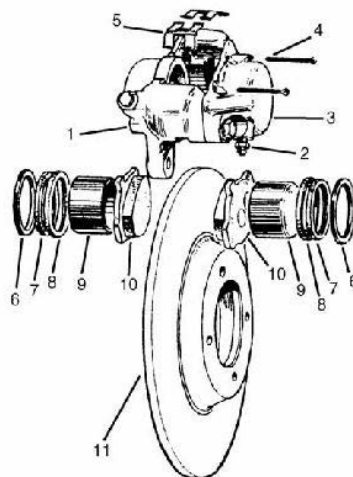
Dua leading shoe assembly (Gambar 11.8) memiliki brake shoe yang diberi axle (poros) di satu ujung dan wheel cylinder berujung tunggal pada ujung setiap brake shoe yang lainnya. Saat berada dalam aplikasi dengan arah ke depan, shoe menjadi leading dan masing-masing shoe menghasilkan energi sendiri. Akan tetapi, dalam arah yang sebaliknya, shoe menjadi trailing dan tidak terjadi penghasilan energi.

Duo Servo

Gambar 11.9

Duo servo assembly memiliki stop di bagian atas dimana kedua shoe dapat bertumpu dan shoe dihubungkan ke bagian bawah adjustable link, yang memungkinkan shoe mengapung. Sebuah wheel cylinder berujung ganda mendorong leading shoe keluar dari stop dan bersentuhan dengan drum, yang memulai proses penghasilan energi sendiri (self energising). Kali ini proses berlanjut dari satu shoe ke shoe lainnya karena adjustable link di antara shoe dan terjadi di two - way.

- **Sistem Brake Cakram (Disc Brake System)**

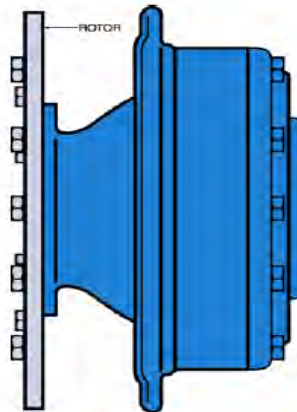
Komponen-komponen – Fixed Calliper

Gambar 11.10

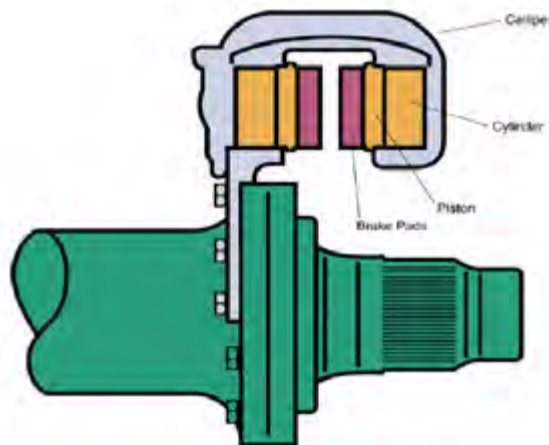
Komponen-komponen utama disc brake assembly diperlihatkan dalam Gambar 11.10 dan Gambar 11.11.

Gambar 11.11 – Disc Brake Assembly dengan Fixed Calliper

Komponen-komponen disc brake assembly adalah:

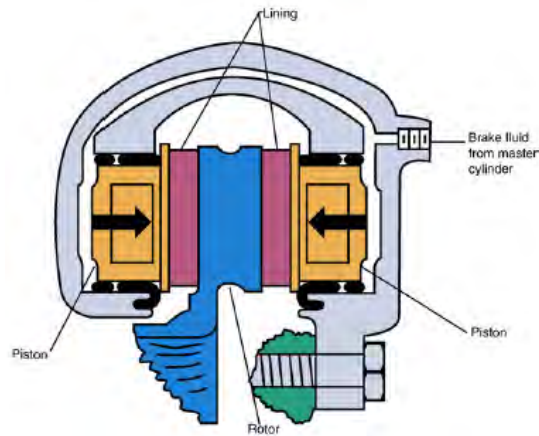
1. Inner Calliper Housing
2. Outer Housing
7. Boot
8. Retainer

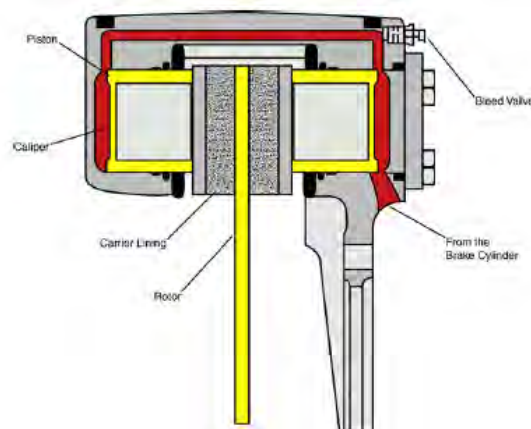
3. Bleeder Valve
4. Pad Locating Pins
5 Steady Springs
6. Piston Seal
9. Piston
10. Pad
11. Disc

Pengoperasian

Gambar 11.12 – Bagian-bagian yang Berputar

Komponen-komponen utama adalah rotor atau disc dan calliper. Rotor (Gambar 11.12) dipasang pada wheel hub dan oleh karena itu berputar bersama hub.

Gambar 11.13 – Bagian-bagian yang tidak berputar

Calliper (Gambar 11.13), yang terpasang pada cakram (disc), ditahan tidak bergerak. Dalam brake wheel (roda) depan, calliper dibaut pada

steering knuckle, dan dalam brake wheel (roda) belakang, calliper dibaut pada axle flange. Calliper assembly terdiri dari hydraulic cylinder, piston dan brake pad.

Gambar 11.14

Calliper assembly jenis fixed head paling tidak memiliki satu piston pada masing-masing sisi split calliper assembly (Gambar 11.14). Saat fluid dari master cylinder berfungsi pada piston, kekuatan menjepit (clamping force) yang sama dari kedua sisi calliper bergerak pada disc rotor. Untuk mengembalikan piston, sebuah O-ring berbentuk persegi yang menyekat piston dan mengalami distorsi saat diaplikasikan kembali ke bentuk asalnya ketika pressure hydraulic release.

Gambar 11.15

Dengan brake berada dalam posisi release, pad sedikit terbebas dari cakram, yang berputar di antaranya keduanya. Ketika brake diaktifkan,

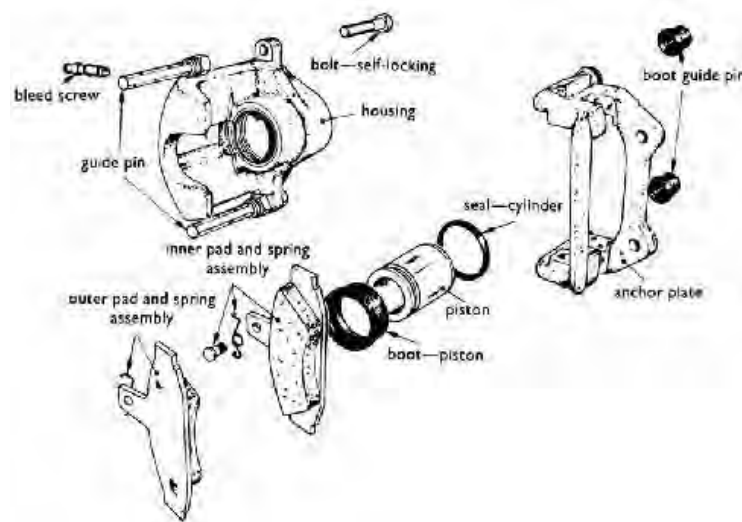
pressure dari master cylinder menekan piston pada pad, yang kemudian ditekan pada cakram. Tindakan ini menghasilkan gerakan penjepitan (clamping action) yang memperlambat atau menghentikan cakram (Gambar 11.15).

Ketika brake release, piston sedikit tertarik sehingga memungkinkan pad bergerak menjauh dari rotor. Pad tidak memiliki return spring, tetapi piston dikembalikan sedikit dalam lubangnya (bore) oleh daya spring (resilience) piston seal. Runout kecil pada cakram (kira-kira 0,05 mm) menggerakkan pad menjauh dari permukaan cakram untuk memberikan jarak bebas dan mencegah wear (keausan).

Brake cakram memiliki fitur-fitur berikut:

1. Permukaan rotor terbuka pada atmosfer, dan heat (panas) dapat hilang dengan cepat.
2. Pressure yang lebih besar diperlukan dalam sistem untuk menghasilkan kekuatan yang besar terhadap pad dengan friksi kecil.
3. Cakram (disc) dapat terkena air dan kotoran. Akan tetapi, sebuah pelindung percikan (splash guard) dipasang untuk melindungi permukaan cakram dari kotoran jalan. Kotoran dan air dapat terlepas dengan cepat dari brake assembly karena konstruksinya yang terbuka.
4. Balance (keseimbangan) cakram dapat diperoleh dengan mudah saat pembuatan karena bentuknya yang relatif sederhana.
5. Braking/pengereman terjadi secara bersamaan dalam hampir semua kondisi, dengan sedikit kemungkinan terjadi kemacetan brake atau kehilangan kekuatan brake.

Calliper

Ada dua rancangan calliper: fixed calliper dan sliding callliper. Sliding calliper lebih lazim digunakan.

Sliding Calliper

Gambar 11.16

Komponen-komponen disc brake assembly jenis sliding calliper adalah:

- Bleed screw
- Guide pin
- Bolt- self locking
- Housing
- Inner pad dan spring assembly
- Outer pad dan spring assembly
- Boot – piston
- Seal – cylinder
- Boot guide pin
- Anchor plate.

Komponen-komponen utama sliding calliper (Gambar 11.16) adalah calliper housing, anchor plate, piston dan pad. Jenis calliper ini dibuat sebagai bagian tunggal dan hanya memiliki satu cylinder, yang dipasang ke dalam sisi bagian dalam calliper. Anchor plate terbuat dari besi tuang dan calliper housing adalah logam tuang campuran ringan.

Calliper dipasang pada anchor plate, yang dibaut pada steering knuckle. Calliper tidak dipasang dengan kuat pada anchor plate, permukaan yang

diproses dengan mesin pada calliper bertumpu pada permukaan yang juga diproses dengan mesin pada anchor plate.

Dua guide pin, yang dibaut pada calliper, masuk melalui lubang-lubang dalam anchor plate. Guide pin memposisikan calliper sesuai dengan anchor plate tetapi memungkinkannya bergeser ke samping saat operasi.

Gambar 11.17 – Operasi sliding calliper, gerakan piston seal diperlihatkan dalam gambar inset

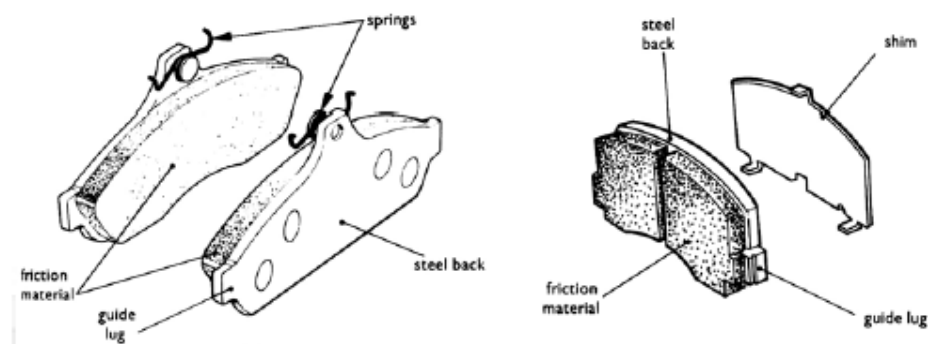
1. Piston
2. Cylinder
3. Calliper Body
4. Outer pad
5. Disc
6. Inner pad atau lining
7. Piston seal
8. Boot
9. Fluid inlet

Operasi sliding calliper dapat dilihat dalam Gambar 11.17.

1. Di bagian (a), dengan brake dalam keadaan release, terdapat sedikit jarak bebas di antara pad dan disc.
2. Di bagian (b), pressure hydraulic dalam cylinder telah menekan piston pada inner pad, dan inner pada pada disc.
3. Pressure hydraulic bergerak menahan bagian bawah cylinder dan juga piston, dan hal ini menyebabkan calliper housing bergeser ke arah dalam.

4. Gerakan ini ditransfer melalui calliper ke outer pad, yang juga ditekan pada disc.
5. Pressure yang sama berlaku pada kedua pad, yang menjepit disc untuk memperlambat atau menghentikan perputaran.

Ketika pedal brake release, piston tertarik sedikit oleh gerakan piston seal.

Hal ini menghilangkan pressure dari inner pad dan memberikan jarak bebas operasi di antara pad dan disc. Gerakan serupa terjadi pada calliper housing dan outer pad.

Gambar 11.18 – Disc Brake Pad

Disc pad terdiri dari steel backing plate dengan bahan friksi yang disatukan pada permukaannya (Gambar 11.18).

Pad diposisikan oleh guide lug yang dipasang ke dalam slot di dalam calliper atau di dalam anchor plate. Jepitan anti bunyi gemertak (anti-rattle clip) dipasang pada lug untuk mencegah agar pad tidak berbunyi gemertak di dalam slot ketika brake release. Sebuah steel shim sering kali dipasang di antara bagian bleakang inner pad dan piston. Item-item yang diperlihatkan adalah jenis yang umum, tetapi berbagai bentuk dan ukuran pad digunakan untuk instalasi-instalasi lain. Berbagai jenis spring anti bunyi gemertak (anti-rattle spring) juga digunakan.

Brake cakram (disc brake) dapat menyesuaikan diri secara otomatis. Saat pad menjadi aus, piston akan berangsur-angsur bergerak lebih jauh di

dalam lubangnya, tetapi hanya akan menarik diri dari piston yang memberikan jarak pad dalam jumlah kecil. Juga, calliper housing akan diposisikan pada bagian tengah setiap kali brake digunakan. Dengan cara ini, brake cakram akan menyesuaikan dirinya secara otomatis. Adjustment service tidak disediakan.

Brake Disc atau Rotor

Gambar 11.19 – Hydraulik Disc Brake Assembly

Cakram dibuat dari besi tuang, dengan permukaan yang digerinda di masing-masing sisi dimana permukaan tersebut pad digunakan. Cakram biasanya dibentuk agar dapat dipasang dengan baut pada wheel hub.

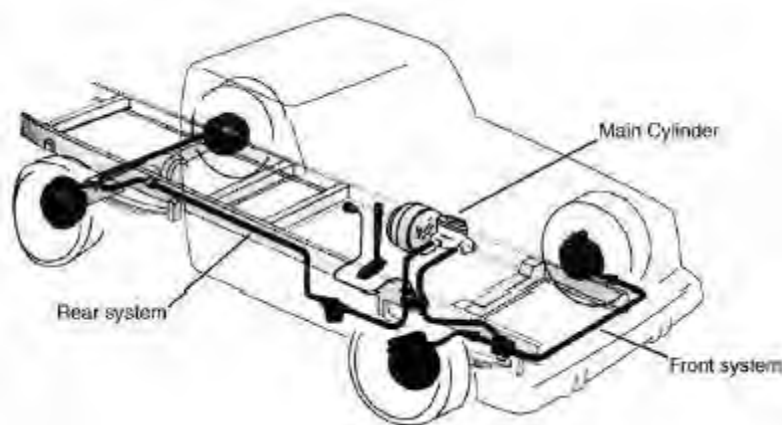
Gambar 11.19 di atas mengilustrasikan cakram yang berventilasi. Ini adalah konstruksi berlubang, yang terdiri dari dua flange yang dipisahkan oleh fin. Cakram yang berputar berfungsi seperti pompa udara untuk mempertahankan aliran udara melalui cakram, dan dengan demikian menghilangkan heat (panas) yang terjadi saat braking/pengereman.

Ketika pengemudi mendorong brake pedal, gaya pressure diaplikasikan pada piston dalam master cylinder. Piston menggunakan pressure pada fluida di dalam cylinder, saluran mentransfer pressure ke cylinder wheel

(roda), dan cylinder wheel (roda) di assembly wheel (roda) mengaplikasikan brake.

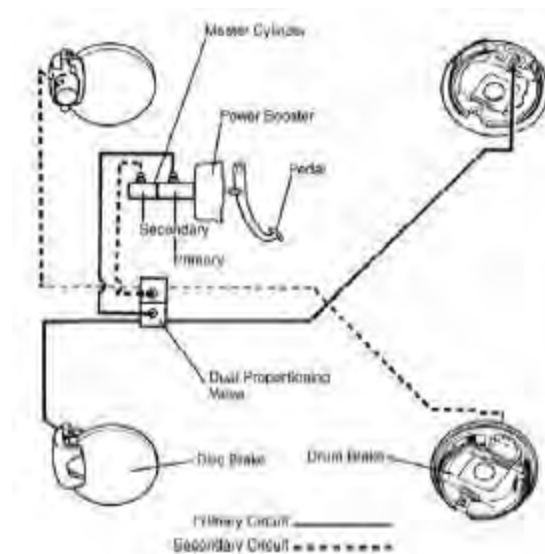
Dengan drum brake, cylinder wheel (roda) menekan brake lining pada bagian dalam brake drum. Dengan brake cakra (disc brake), pad didorong pada cakram brake. Kedua gerakan memberikan friksi di antara komponen-komponen untuk melakukan braking/pengereman.

Kendaraan yang sedang bergerak memiliki energi yang harus diserap oleh brake ketika brake diaplikasikan. Energi diubah menjadi heat (panas) sebagai akibat dari friksi di antara permukaan-permukaan yang dibrake. Heat (panas) disalurkan ke dalam komponen-komponen brake dan ke atmosfer sekitar. Oleh karena itu, brake lining dan drum, brake pad dan disc dan komponen-komponen terkaitnya harus mampu menahan temperatur tinggi dan juga pressure tinggi.

Dual System Circuit (Sistem Circuit Ganda)

Gambar 11.20 – Brake Circuit Ganda dengan Konfigurasi Split Disc/Drum

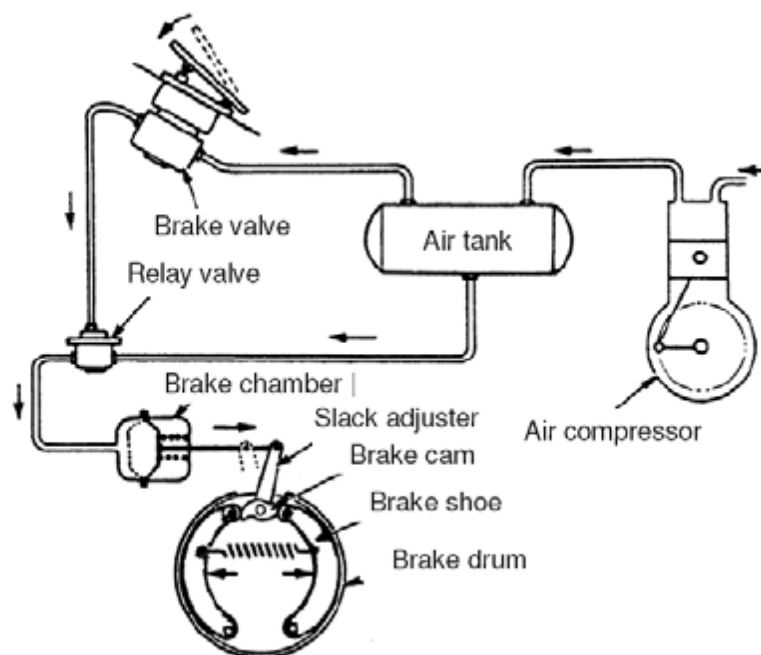
Semua kendaraan jalan raya yang menggunakan sistem braking/pengereman hydraulic harus memiliki "sistem braking/pengereman ganda".

Sistem braking/pengereman ganda berarti bahwa terdapat dua sistem braking/pengereman yang terpisah yang beroperasi. Oleh karena itu, apabila sistem yang satu mengalami failure (kerusakan) fungsi maka sistem yang lainnya akan memastikan bahwa kendaraan masih akan dapat dibrake.

Gambar 11.20 adalah contoh dari sistem braking/pengereman ganda dengan cakram di depan dan drum di bagian belakang. Dalam contoh ini, sistem hydraulic depan bekerja bersama dengan sistem bagian belakang saat dalam operasi normal. Saat dalam situasi failure (kerusakan) fungsi, masing-masing dari kedua sistem akan beroperasi secara terpisah terhadap satu sama lain. Sistem braking/pengereman ganda memerlukan penggunaan tandem master cylinder.

Gambar 11.21 – Sistem Braking/pengereman Terpisah Secara Diagonal

Gambar 11.21 memperlihatkan sistem braking/pengereman terpisah secara diagonal (diagonally split braking system).

SISTEM REM PNEUMATIK

Rem pneumatik menghasilkan pengereman dengan menekan setiap brake shoe ke drum menggunakan tekanan udara sebesar (5~7kgf/cm²). Brake pedal berfungsi sebagai pengontrol untuk membuka dan menutup brake valve untuk menyuplai udara dari air tank ke brake chamber, dan udara pada brake chamber mengontrols gaya pengereman. Rem pneumatik mempuyai keunggulan dan kekurangan sebagai berikut.

Gambar 11.22 Struktur dasar rem pneumatik

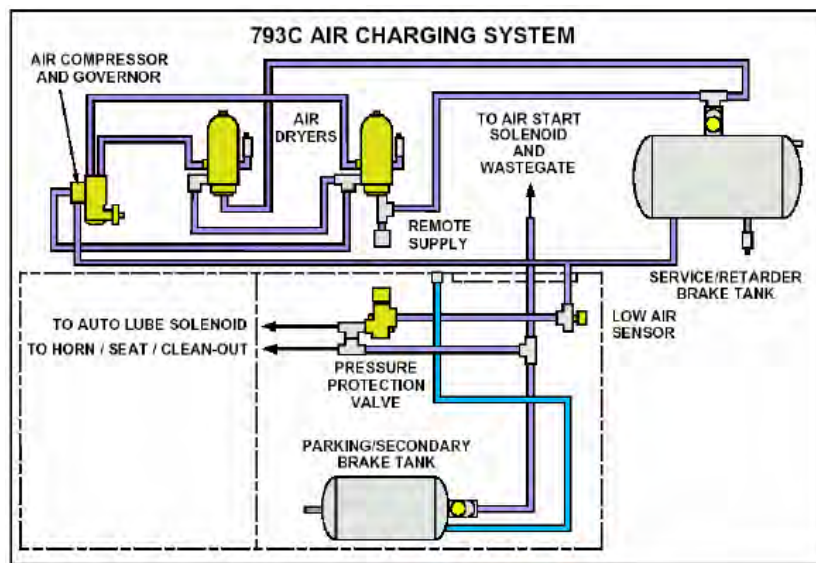
1) Kelebihan rem pneumatik

- Tidak terbatas dengan berat kendaraan.
- Performa pengereman tidak menurun drastis walaupun ada kebocoran udara
- Tidak terjadi vapor lock.
- Pengontrolan gaya pengereman dikontrol oleh langkah pedal. (Gaya pengereman
- sebanding dengan langkah pedal rem).
- Semakin besar tekanan udara semakin besar pengereman yang dihasilkan.

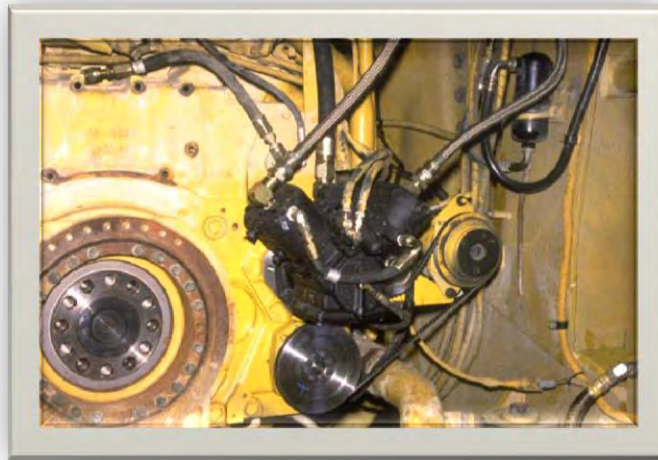
- Dapat dipakai secara bersama dengan horn, air spring dll.
- Penyambungan pada Trailer mudah dan memungkinkan pengontrolan jarak jauh

2) Kekurangan rem pneumatik

- Pengoperasian kompresor udara menggunakan tenaga mesin
- Mahal dan komplek

Konstruksi Rem Pneumatik

Gambar 11.23 Aliran udara pada *air charging system*

Air Charging System

Skema diatas menunjukkan aliran udara pada *air charging system*. Udara mengalir dari *air compressor*, melalui dua buah *air dryer*, menuju *service/retarder brake tank*. Dari *service/retarder brake tank*, udara masuk ke *pressure protection valve*. Saat tekanan pada *service/retarder tank* mencapai tekanan yang di seting, *pressure protection valve* mengalirkan udara menuju *parking/secondary brake tank*, *air start system*, *engine wastegate valve*, *automatic lubrication system* dan *accessory circuit* (*horn*, *air seat* dan *cab cleanout*). Semua tangki memiliki *check valve* pada *air supply port* untuk mencegah agar udara tetap ada dalam tangki apabila terjadi kebocoran pada daerah sebelum tangki.

Gambar 11.24 Kompresor udara

Air Compressor

Sistem udara diisi oleh *air compressor* yang memiliki 4 buah *piston*, yang terpasang di sebelah kiri depan *engine*. Untuk menangani keperluan udara yang meningkat, digunakan dua buah *air dryer* yang lebih besar. Ukuran *hose* dan *tube*-nya pun diperbesar.

Tekanan sistem diatur oleh *governor*. *Governor* mempertahan kan tekanan sistem antara 660 sampai 830 kPa (95 sampai 120 psi). *Governor setting* dapat distel dengan cara memutar *screw* dibawah *cover* (penutup) *governor*. Putar *adjustment screw* KELUAR untuk menaikkan tekanan dan putar MASUK untuk menurunkan tekanan. *Air compressor* dilumasi dengan menggunakan *engine oil* dan didinginkan dengan pendingin *aftercooler*.

Untuk mengetes effisiensi *air compressor*, turunkan tekanan *air system* menjadi 480 kPa (70 psi). Hidupkan *engine* dan naikkan *rpm engine* ke *HIGH IDLE*. Saat tekanan *air system* mencapai 585 kPa (85 psi), ukur waktu yang diperlukan untuk menaikkan tekanan dari 585 kPa (85 psi) menjadi 690 kPa (100 psi). Waktunya harus kurang dari 40 detik. Bila lebih dari 40 detik, periksa apakah ada kebocoran atau hambatan pada sistem. Bila tidak ada, kemungkinan terdapat masalah pada *air compressor*.

Gambar 11.25 Kompresor udara

Air Dryer

Udara mengalir dari *air compressor* menuju dua buah *air dryer*s (tanda panah) yang terletak di belakang *roda* kiri depan. *Air system* juga dapat diisi dengan *air supply* dari luar melalui *ground level connector* disebelah dalam *frame* kiri. *Air dryer* berfungsi memisahkan/membuang *contaminant* dan embun dari *air system*. Kondisi *desiccant* pada *air dryer* harus diperiksa setiap 250 jam dan diganti secara berkala (ditentu-kan oleh kelembaban iklim setempat).

Bila *air compressor governor* merasakan bahwa tekanan udara sistem sekitar 830 kPa (120 psi), disebut tekanan *cutout*, *governor* mengirimkan sinyal tekanan udara menuju *purge valve* dibagian bawah *air dryer*. *Purge valve* membuka dan tekanan udara yang terjebak dalam *air dryer* dikeluarkan melalui *desiccant*, *oil filter* dan *purge valve*.

Air system relief valve terletak pada *air dryer* untuk melindungi sistem bila *air compressor governor* tidak bekerja.

Element pemanas dibagian bawah *air dryer* berfungsi untuk mencegah agar uap *air* pada *air dryer* tidak membeku pada saat cuaca dingin.

Gambar 11.26 Kompresor udara

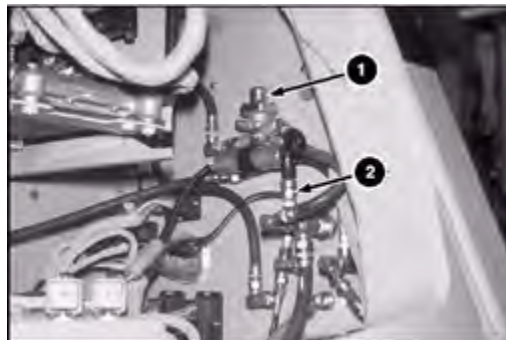
1. Service/RetarderBrake Tank

Udara mengalir dari *air dryer* dan mengisi dua buah tangki. *Service*/*retarder brake tank* (1) terletak disebelah kanan kabin operator. Tangki ini juga menyuplai udara untuk *air start system*. Tangki kedua terletak di belakang kabin dan menyuplai udara untuk *parking*/*secondary brake system*.

2. Relief Valve

Relief valve (2) berfungsi melindungi *air system* saat *air dryer* mengeluarkan udara bercampur uap air dan *ball check valve* pada *air dryer outlet port* menutup. *Check valve* memisahkan *air system* dengan *air dryer relief valve*.

3. Drain Valve

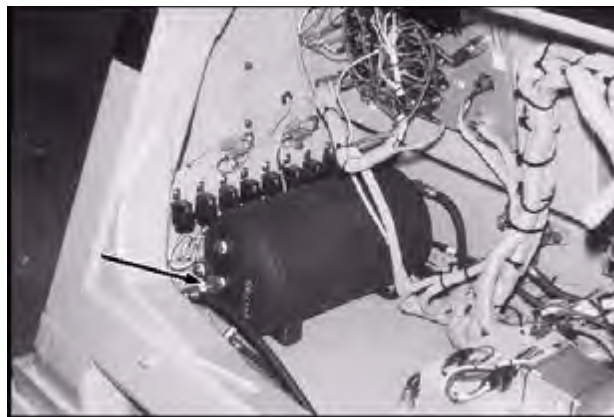
Air hasil kondensasi harus dibuang dari tangki secara harian melalui *drain valve* (3).

Gambar 11.27 Pressure Protection Valve dan Sensor

1. Pressure Protection Valve

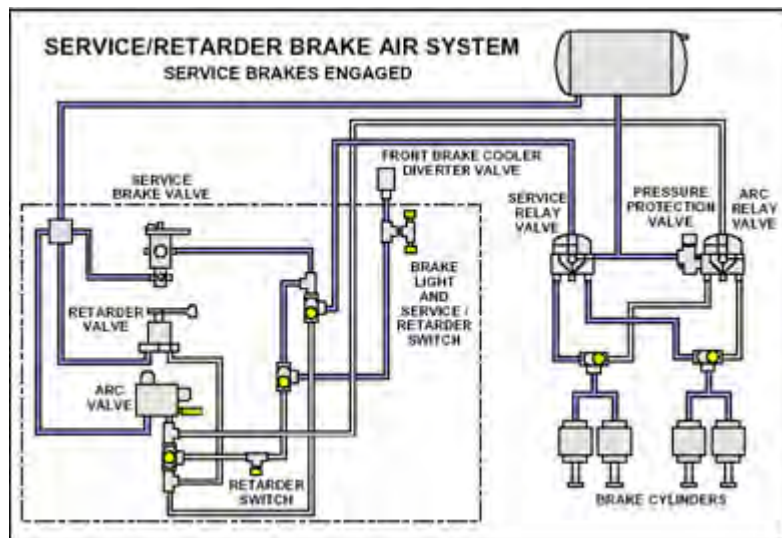
Pressure Protection Valve (1) terletak di belakang ruang operator. Udara mengalir dari tangki besar untuk *service*/ *retarder brake*, melalui *pressure protection valve*, menuju *secondary air system* dan aksesori. *Pressure protection valve* membuka pada tekanan 550 kPa (80 psi) dan menutup pada tekanan 482 kPa (70 psi). Bila saluran angin sirkuit *secondary* atau aksesori gagal, *pressure protection valve* mempertahankan tekanan sebesar (minimum) 482 kPa (70 psi) pada sirkuit *service*/*retarder brake*.

Untuk mengetes *pressure protection valve*, buang angin sampai tekanan pada tangki sekitar 345 kPa (50 psi). Gunakan layar *VIMS* untuk melihat tekanan angina untuk *brake*. Dengan *rpm engine* pada *LOW IDLE*, tekan *horn* (klakson). Catat tekanan angin saat klakson bunyi. Tekanan yang terbaca ini merupakan tekanan buka *pressure protection valve*. Buang secara perlahan angin dan catat tekanan angin saat klakson berhenti berbunyi. Tekanan yang terbaca merupakan tekanan dimana *pressure protection valve* mulai menutup.

2. Air System Pressure Sensor

Air system pressure sensor (2) mengirimkan sinyal ke *Brake ECM*, dan *Brake ECM* kemudian mengirimkan sinyal ini ke *VIMS*, yang akan memberi tahu operator bila terdapat masalah pada *air system*. *Service/retarder brake switch*, *parking/secondary brake switch* dan *brake light switch* juga terdapat di belakang ruang Operator.

Gambar 11.28 Tangki Parking Brake

Tangki Parking/ Secondary Brake

Tangki udara untuk *parking/secondary brake* terletak dibelakang ruang operator. *Drain valve* terletak disebelah kanan kabin. Uap air harus di keluarkan dari tangki secara harian melalui *drain valve* tersebut. *Check valve* (tanda panah) digunakan untuk mencegah hilangnya udara bila terjadi kebocoran pada daerah sebelum tangki.

Gambar 11.29 *Service Brake Air System*

Service/Retarder Brake Air System

Skematik diatas menunjukkan aliran udara melalui *service/ retarder brake air system* saat *retarder* (*manual* dan *automatic*) di-*RELEASE*, dan *service brake ENGAGE*. Tekanan udara mengalir melalui *service brake air tank* menuju *relay valve* dan *service brake valve*, *manual retarder valve* dan *ARC valve*. *Manual retarder valve* dan *ARC solenoid* menutup aliran udara. *Service brake valve* memungkinkan udara untuk mengalir menuju dua buah *double check valve* yang menutup saluran menuju *manual retarder* dan *ARC valve*. Udara bertekanan dari *service brake valve* mengalir melalui *double check valve* menuju *service brake relay valve* dan *front brake oil cooler diverter valve*.

Double Check Valve

Service brake relay valve membuka dan mengukur udara yang mengalir dari *service brake air tank* menuju *brake cylinder*. *Relay valve* mengurangi waktu yang diperlukan untuk mengaktifkan dan menon-aktifkan *brake*. Sepasang *double check valve* diatas *brake cylinder* digunakan untuk mencegah udara mengalir dari *service brake* menuju *ARC relay valve*.

Service Brake mengaktifkan dua buah switch

Udara dari *service brake valve* juga mengalir menuju *brake light switch* dan *service/retarder brake switch*. Bila kita menginjak *service brake pedal* maka *brake light* akan menyala dan merubah *transmissionshift point* dan *anti-hunt timer*.

Cara kerja Manual Retarder

Bila *manual retarder lever* digerakkan, udara mengalir menuju tiga buah *double check valve* yang menutup saluran menuju *service brake valve* dan *ARC valve*. Udara bertekanan dari *manual retarder brake valve* mengalir melalui *double check valve* untuk *service brake relay valve* dan *front brake oil cooler diverter valve*.

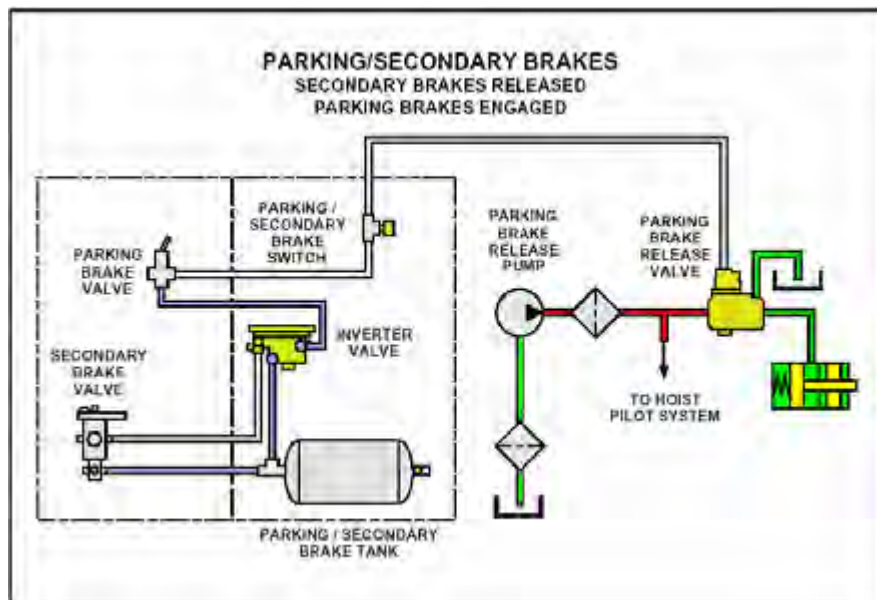
Manual Retarder mengaktifkan tiga switch

Udara dari *manual retarder brake valve* juga mengalir menuju *retarder switch*, *brake light switch* dan *service/ retarder brake switch*. Dengan mengaktifkan *manual retarder* maka *retarder dash lamp* dan *brake light* akan menyala serta merubah *transmissionshift point* dan *anti-hunt timer*.

Cara kerja ARC

Bila *ARC* diaktifkan, udara mengalir melalui dua buah *double check valve* yang menutup saluran menuju *service brake valve* dan *manual retarder brake valve*. Udara bertekanan dari *ARC valve* mengalir melalui *double check valve* menuju *front brake oil cooler diverter valve*. Saat *ARC brake system ENGAGE*, *ARC relay valve* membuka dan mengatur aliran udara dari *service brake tank*, melalui *pressure protection valve* dan *double check valve*, menuju *brake cylinder*. *Pressure protection valve* mencegah agar udara bertekanan tetap tersedia pada *service brake air system* bila *ARC relay valve* gagal. *Protection valve* membuka untuk mengalirkan udara ke *ARC relay valve* pada 380 kPa (55 psi) dan menutup bila tekanan turun sampai dibawah 310 kPa (45 psi).

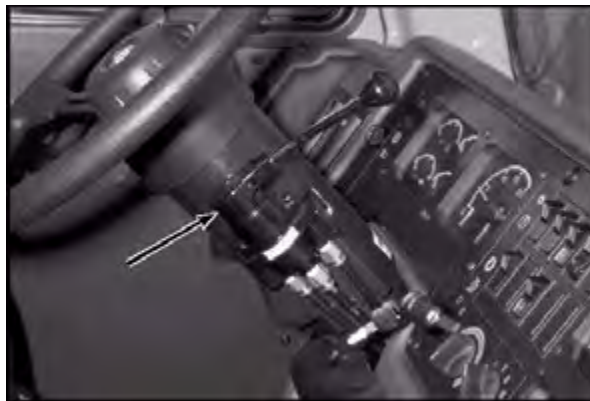
ARC mengaktifkan tiga switch

Udara dari *ARC valve* juga mengalir menuju *retarder switch*, *brake light switch* dan *service/retarder brake switch*. *Retarder dash* lamp dan *brake light* akan menyala bila *ARC* diaktifkan, serta merubah *transmission shift point* dan *antihunt timer*.

Gambar 11.30 ***Parking Brake System***

Parking/Secondary Brake System

Gambar diatas menunjukkan *parking/secondary brake hydraulic* dan *air system* pada saat *secondary brake* di *RELEASE* dan *parking brake ENGAGE*. Udara dari *parking/secondary brake air tank* mengalir menuju *secondary brake valve* dan diblok agar tidak mengalir menuju *inverter valve signal port*. Udara juga mengalir menuju *inverter valve* dan diblok oleh *parking brake air valve*. Tidak ada udara bertekanan untuk menggerakkan *spool* pada *parking brake release valve*. Oli dari *parking brake release pump* diblok oleh *spool*. Oli dari *parking brake* dialirkan ke tangki melalui *parking brake release valve*, yang menyebabkan *spring* pada *parking brake* meng-*ENGAGE*-kan *brake*.

Parking Brake switch memberisinyal ke Transmission ECM

Parking/secondary brake switch terletak pada saluran udara antara *parking brake valve* dan *parking brake release valve*. *Switch* mengirimkan sinyal ke *Transmission/Chassis ECM*. Bila *parking* atau *secondary brake ENGAGE*, *switch* memberi sinyal ke *Transmission/Chassis ECM* untuk mempercepat *downshift*.

Gambar 11.30 *Manual Retarder*

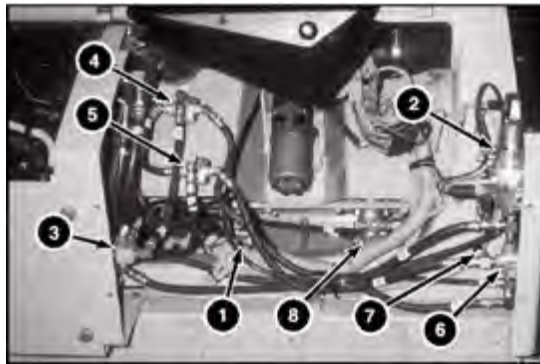
Manual Retarder Valve

Manual retarder valve (tanda panah) diatur oleh *retarder lever* pada kabin. Normalnya, *retarder valve* menutup aliran udara menuju *service brake relay valve* dekat *brake master cylinder* dan menuju *front brake oil cooler diverter valve*.

Meng-engage-kan empat buah service brake

Saat *retarder lever* ditarik kebawah, udara mengalir menuju *service brake relay valve* dan *front brake oil cooler diverter valve* [tekanan maksimumnya adalah 550 kPa (80 psi)]. *Retarder lever* digunakan untuk memodulasi *service brake engagement* dengan mengatur jumlah udara yang mengalir menuju *service brake relay valve*.

Retarder lebih bagus dalam memodulasi brake dibanding pedal

Retarder mengaktifkan *brake* yang sama dengan *service brake pedal*, tetapi lebih mudah pengaturannya untuk *brake* modulation.

Gambar 11.31 Komponen *Manual Retarder*

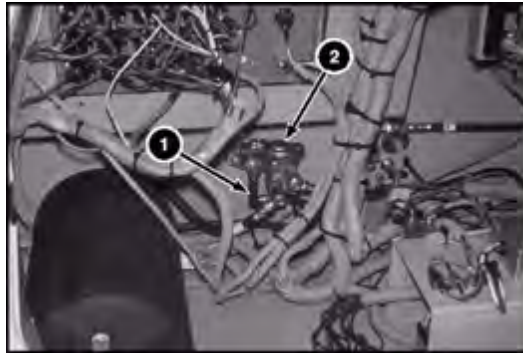
Service Brake Valve (1) diatur oleh *brake pedal* didalamkabin. Udara untuk *service brake valve*, *manual retarder valve* dan *Automatic Retarder Control* (*ARC*) *valve* (2) disuplai oleh *manifold* (3). Saat *service brake engage*, udara mengalir dari *service brake valve* menuju *service brake relay valve* didekat *brake master cylinder* dan menuju *front brake oil cooler diverter valve* [*maximum pressure*-nya sekitar 825 kPa (120 psi)].

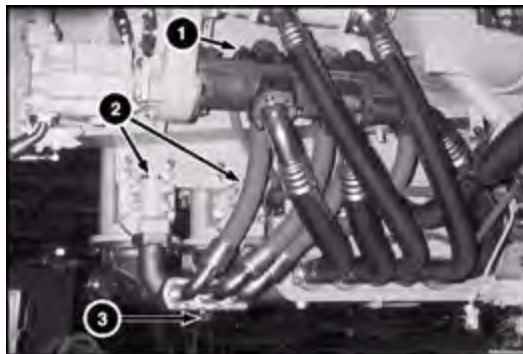
Service brake valve mengaktifkan *brake* yang sama dengan *retarder*, tetapi tidak mengatur modulasi setepat *retarder*. Udara dari *service brake valve* dan *manual retarder valve* mengalir melalui *double check valve* (4) menuju *service brake relay valve* dan melalui *double check valve* (5) menuju *front brake oil cooler diverter valve*. Bila *manual retarder* dan *service brake* diaktifkan secara bersamaan, udara dari *system* dengan tekanan tertinggi akan mengalir melalui *double check valve* menuju *service brake relay valve* dan menuju *front brake oil cooler diverter valve*.

Udara dari *manual retarder valve* juga mengalir melalui *double check valve* (6) menuju *retarder switch* (7). *Retarder switch* mengaktifkan *retarder lamp* pada *dash board* ruang operator saat *manual retarder ENGAGE.* Fungsi *Automatic Retarder Control* (*ARC*) *system* adalah untuk memodulasi pengereman *truck* (*retarding*) pada turunan yang panjang untuk mempertahankan kecepatan *engine*.

Saat *ARC* bekerja, udara mengalir dari *ARC valve* menuju *ARC relay valve* terpisah yang terletak dekat *brake master cylinder*. Udara juga mengalir dari *ARC valve* melalui *double check valve* (6) menuju *retarder switch* (7) dan melalui *double check valve* (5) menuju *front brake oil cooler diverter valve*. *Brake light switch* dan *service/retarder brake switch* terletak pada saluran suplai menuju *front brake oil cooler diverter valve*. *Service brake valve*, *manual retarder valve* dan *Automatic Retarder Control* (*ARC*) *valve* mengirimkan udara menuju *switch*-*switch* ini saat *engage*.

Secondary brake valve (8) diatur oleh *pedal* merah pada *cab*. Bila *secondary brake engage*, udara mengalir dari *secondary brake valve* menuju *signal port* dari
inverter valve (lihat slide berikut). *Inverter valve* kemudian menutup aliran udara dari *secondary brake tank* menuju *brake release valve.* Dengan menutup aliran udara dari *brake release valve* maka akan memposisikan *spool* pada *brake release valve* untuk membuang oli dari *parking brake*, yang mengakibatkan *spring* pada *parking brake* mengaktifkan *brake*. *Secondary brake valve* dapat digunakan untuk memodulasi *parking brake engagement* dengan mengukur jumlah udara yang mengalir menuju *brake release valve*.

Parking brake air valve pada *shift console* di ruang kemudi juga mengatur aliran udara menuju *brake release valve*, tetapi *parking brake air valve* tidak memodulasi *parking brake application*. *Parking/secondary brake switch* terletak pada saluran suplai menuju *brake release valve*. *Secondary brake valve* dan *parking brake air valve* mengirimkan udara ke *switch* ini saat *engage*.

Gambar 11.32

Ketika *secondary brake engage*, udara mengalir dari *secondary brake valve* menuju *signal port* (1) pada *inverter valve* (2). *Inverter valve* kemudian memblok aliran udara dari *secondary brake tank* menuju *brake release valve*. Dengan memblok udara dari *brake release valve* mengakibatkan posisi *spool* pada *brake release valve* men-*drain* oli dari *parking brake*, yang memungkinkan *spring* pada *parking brake* mengaktifkan/meng-*engage*-kan *brake*.

Gambar 11.33

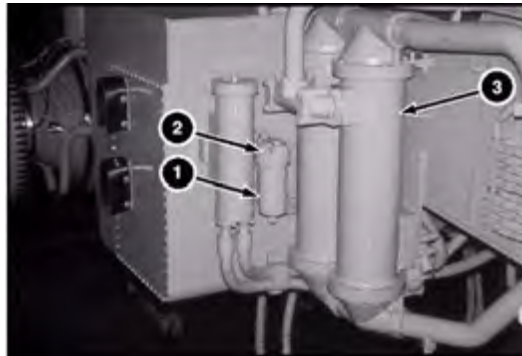
1. Parking Brake Release Pump

Pada gambar ditunjukkan *parking brake release pump* (1). Oli mengalir dari *brake release pump* melalui *brake release filter* menuju *brake release valve*.

2. Screen

Tiga buah *rear brake oil cooling pump* terletak dibelakang *brake release pump*. Oli mengalir dari *rear brake cooling pump* melalui dua buah *screen* (2) dan dua buah *rear brake oil cooler* menuju *rear brake*.

3. Rear Brake Cooling Oil Pressure Tap

Rear brake cooling oil pressure dapat diukur pada *pressure tap* (3). Dua buah *oil cooler relief valve* terletak pada *hydraulic tank. Relief valve* berfungsi membatasi *rear brake oil cooling pressure*. *Setting* dari *oil cooler relief valve* adalah 790 kPa (115 psi). *Brake cooling system pressure* merupakan hasil dari hambatan pada *cooler*, *brake* dan *hose*, yang biasanya lebih kecil dari *setting* pada *relief valve*.

Gambar 11.34

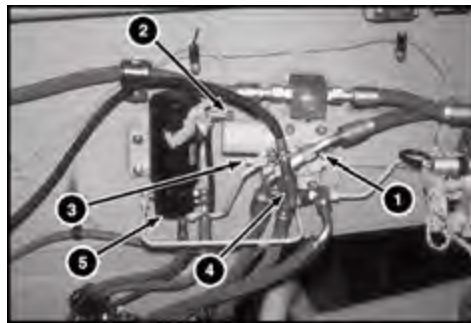
1. Parking Brake Release Filter

Oli mengalir dari *parking brake release pump*, melalui *parking brake release filter* (1), menuju *parking brake release valve*.

2. Oil Filter Bypass Switch

Oil filter bypass switch (2) terletak pada *filter housing*. *Oil filter bypass switch* mengirimkan sinyal ke *Brake ECM*. Dan *Brake ECM* mengirimkan sinyal ini ke *VIMS* yang akan menginformasikan ke operator bila *filter*-nya buntu.

3. Rear Brake Oil Cooler

Pada gambar diatas juga ditampilkan *rear brake oil cooler* (3). Oli mengalir dari *rear brake cooling pump* melalui dua buah *screen* dan dua buah *rear brake oil cooler* menuju *rear brake*.

Gambar 11.35

1. Brake Release Valve

Oli dari *parking brake release pump* mengalir melalui *parking brake release filter* menuju *brake release valve* (1) yang terletak didalam *frame* belakang kanan. Oli mengalir dari *parking brake release valve* menuju *parking brake piston* pada *brake* saat *parking brake* di-*release*.

2. Brake Release Valve Air Supply Hose

Udara dari *parking brake air valve* pada kabin atau *secondary brake valve* mengalir melalui *small hose* (2) menuju ruang udara pada *brake release valve*. *Brake release valve* terdiri dari *piston* udara yang menggerakkan *spool*. *Spool* ini akan mengalirkan oli untuk me-*RELEASE parking brake* atau men*drain* oli untuk meng-*ENGAGE*-kan *parking brake*.

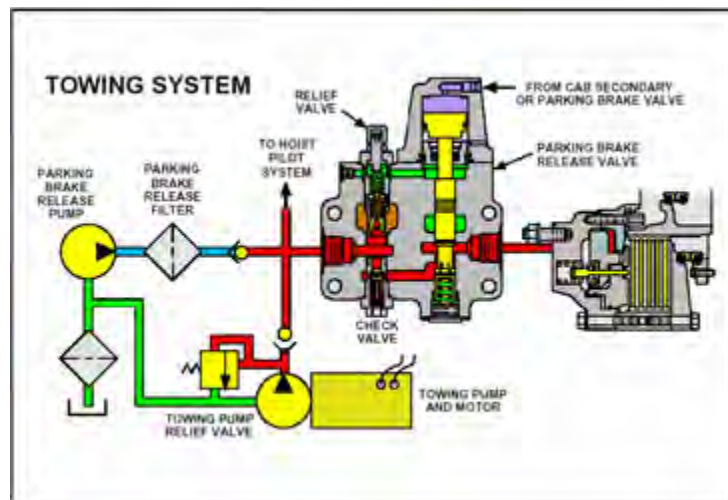
3. Brake Release Relief Valve

Relief valve (3) pada *brake release valve* berfungsi membatasi tekanan sistem untuk me-*release brake*. *Setting relief valve*nya adalah 4700 ± 200 kPa (680 ± 30 psi)

4. Brake Makeup Tank Supply Oil Screen

Oli mengalir dari *brake release valve* melalui *orifice* dan *screen* (4) menuju *brake oil makeup tank*.

5. Towing Pump

Untuk me-*release parking brake* saat *engine* mati atau *towing*, *electric motor* yang memutar *towing pump* (5) dapat diaktifkan oleh *brake release switch. Towing pump pressure* diatur oleh *relief valve* pada *towing pump*.

Gambar 11.36 *Towing System*

Cara Kerja Normal Parking/Secondary Brake

Normalnya, oli mengalir dari *parking brake release pump*, melalui *parking brake release filter* menuju *parking brake release valve*. Bila tekanan udara terdapat pada *parking brake air valve* atau *secondary brake valve*, oli mengalir melewati

relief valve, *check valve* dan *spool* untuk me-*RELEASE parking brake*. *Relief valve* berfungsi membatasi tekanan sistem untuk me-*release brake* dan untuk *pilot oil* untuk menggerakkan *hoist valve*.

Sistem Parking Brake Release saat Towing

Skematik diatas menunjukkan aliran oli melalui *parking brake release system* saat *towing system* diaktifkan. Oli yang mengalir dari *parking brake release pump* berhenti. *Towing motor* di-*energize*, dan *air pressure* terdapat pada bagian atas *parking brake release valve piston*. Tekanan udara menggerakkan *spool* pada *parking brake release valve* kebawah untuk menutup aliran menuju *drain*/tangki.

Oli mengalir dari *towing pump* menuju *parking brake release valve* dan *parking brake*. *Check valve* disebelah kanan *parking brake release filter* menutup oli dari *towing pump* agar tidak mengalir ke *parking brake release pump*.

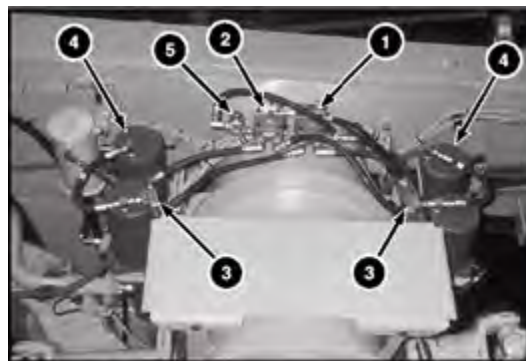
Fungsi Relief Valve pada towing pump membatasi Brake Release Pressure

Selama *towing*, *parking brake release pressure* dibatasi oleh *relief valve* pada *towing pump*. Saat *relief valve* membuka, oli pindah dari sisi yang bertekanan ke sisi isap pada *towing pump*. *Check valve* pada *outlet port* dari *towing pump* mencegah oli agar tidak mengalir menuju *towing pump* saat sistem bekerja normal.

Prosedur untuk mengecek Towing System

Untuk mengecek *brake release system* untuk *towing*, hubungkan *gauge* ke *parking brake release pressure tap* pada *rear axle*. Gunakan *hose* yang panjang agar *gauge* dapat diletakkan di kabin. Dengan *parking brake air valve* pada posisi *RELEASE* dan key *start switch* pada posisi ON, aktifkan *parking brake release switch* untuk *towing* (pada *dash board*). *Parking brake release pressure* harus naik sampai 4480 kPa (650 psi). Matikan *switch* saat tekanan berhenti naik.

Tekanan Parking Brake

Selama *towing*, *brake release switch* pada *dash board* harus diaktifkan bila *parking brake release pressure* turun sampai dibawah batas minimalnya, bila tidak *brake* akan "*drag*" (mengerem).

Gambar 11.37 *Manual Retarder*

1. Service Brake and Manual Retarder Relay Valve

Service brake relay valve depan (1) menerima aliran udara hanya dari *service brake valve* atau *manual retarder valve*.

2. ARC Relay Valve

ARC brake relay valve belakang (2) menerima aliran udara hanya dari *Automatic Retarder Control* (*ARC*) *valve*.

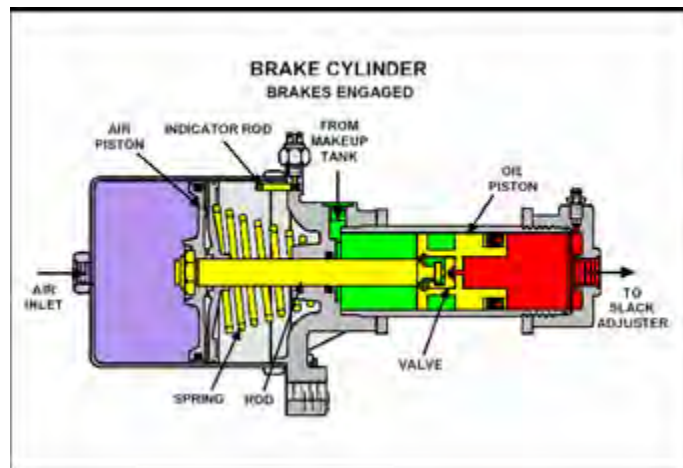
3. Double Check Valve

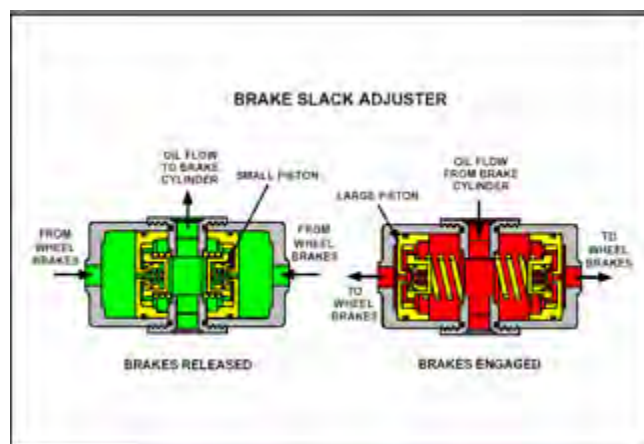
Saat *service brake* atau *manual retarder brake* diaktifkan, *relay valve* depan membuka dan mengatur aliran udara yang mengalir dari *service brake reservoir*, melalui *double check valve* (3), menuju empat buah *brake cylinder* (4). *Brake relay valve* mengurangi waktu yang diperlukan untuk meng*engage*-kan dan me-*release brake*. *Double check valve* (3) digunakan untuk memisahkan *service* dan *manual retarder brake* dengan *ARC brake system*.

4. Brake Cylinder

Saat *ARC brake system ENGAGE*, *relay valve* belakang membuka dan mengatur aliran udara dari *service brake reservoir*, melalui *pressure protection valve* (5) dan *double check valve* (3), menuju empat buah *brake cylinder* (4).

5. Pressure Protection Valve

Pressure protection valve berfungsi mencegah kehilangan udara bertekanan pada *service brake air system* bila *ARC relay valve* rusak/gagal. *Protection valve* membuka aliran udara menuju *ARC relay valve. Brake cylinder* bekerja secara „*air-over-oil*". Bila udara yang terukur memasuki *brake cylinder*, *piston* bergerak turun dan menekan oli pada bagian bawah *cylinder*. Dua buah *brake cylinder* mengirimkan oli menuju *brake* depan dan dua buah *cylinder* lainnya mengirimkan oli menuju *brake* belakang.

Gambar 11.38 Potongan *brake cylinder* pada saat *brake ENGAGE*.

Udara bertekanan dari *brake relay valve* memasuki *air* inlet. Tekanan udara menggerakkan *air piston* dan *rod* menutup *valve* pada *oil piston*. Saat *valve* pada *oil piston* tertutup, *oil piston* menekan *oil* pada *cylinder*. Oli bertekanan akan mengalir menuju *slack adjuster*. Bila terdapat udara pada sistem atau oli pada sisi *downstream* bocor, *piston* pada *cylinder* akan *overstroke*, yang akan menyebabkan *indicator rod* memanjang dan mengaktifkan *brake overstroke switch*. Bila udara bertekanan dibuang dari *air piston*, *spring* menggerakkan *air piston* dan *rod* membuka *valve* pada *oil piston*. Sebagian *makeup oil* yang diperlukan mengalir masuk ke saluran dibagian atas *oil chamber*, melalui *valve*, dan memasuki *oil chamber* di sebelah kanan *oil piston*.

Gambar 11.39 Potongan *brake cylinder* pada saat *brake RELEASE* dan *ENGAGE*.

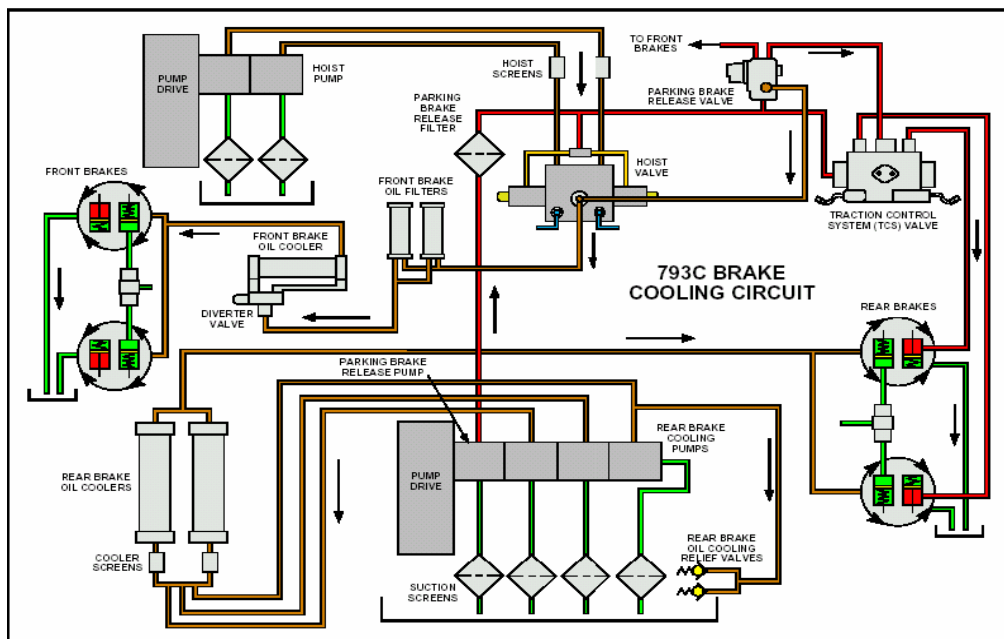
Saat *brake ENGAGE*, oli dari *brake cylinder* memasuki *slack adjuster* dan 2 buah *large piston* bergerak keluar. Setiap *large piston* mengirimkan *oil* kesatu *wheel brake*. *Large piston* menekan *oil* ke *service brake piston* dan mengaktifkan *brake*. Normal-nya, *service brake FULLY ENGAGE*D sebelum *large piston* pada *slack adjuster* mencapai ujung langkahnya. Bila *brake disc* aus, *service brake piston* akan bergerak lebih jauh sampai *brake FULLY ENGAGE*. Saat *piston* bergerak lebih jauh, *large piston* pada *slack adjuster* bergerak lebih jauh pula dan menyentuh ujung *cover*. Tekanan pada *slack adjuster* naik sampai *small piston* bergerak dan memungkinkan *makeup oil* dari *brake cylinder* mengalir menuju *service brake piston*.

Saat *brake* di-*RELEASE*, *spring* pada *service brake* mendorong *service brake piston* menjauh dari *brake disc*. Oli dari *service brake piston* mendorong *large piston* pada *slack adjuster* ke bagian tengah *slack adjuster*. *Makeup oil* yang digunakan untuk meng-*ENGAGE*-kan *brake* diisikan ke *brake cylinder* dari *makeup tank*. *Spring* didalam *large piston* menyebabkan tekanan dirasakan pada *service brake piston* bila *brake* di-*RELEASE* (*residual pressure*). Mempertahankan sejumlah kecil tekanan pada *brake piston* memungkinkan "*brake engagement*" yang cepat dengan pergerakkan *brake cylinder piston* yang minimum.

Untuk mengetahui apakah *slack adjuster* bekerja dengan benar dapat diperiksa dengan cara membuka *service brake bleed screw* saat *brake* di-*RELEASE*. Sejumlah kecil oli harus keluar dari *bleed screw* saat *screw* dibuka. Aliran kecil oli
memastikan bahwa *spring* didalam *large piston* pada *slack adjuster* mempertahankan tekanan pada *service brake piston*.
Cara lain untuk memastikan kerja *slack adjuster* adalah dengan menghubungkan *gauge* dengan *pressure tap* pada bagian atas *slack adjuster* dan *gauge* lainnya pada lokasi *service brake bleed screw*. Dengan *system air pressure* pada *maximum* dan *service brake pedal* diinjak, tekanan yang terbaca pada kedua *gauge* harus sama/mendekati.

Bila *brake* di-*RELEASE*, tekanan pada *slack adjuster* harus kembali nol. Tekanan pada lokasi *service brake bleed screw* harus kembali ke *residual pressure* yang dipertahankan oleh pada *brake* oleh *slack adjuster piston*. Bila *residual pressure* rendah maka itu merupakan indikasi kerusakan pada *slack adjuster*. *Residual pressure* yang tinggi juga merupakan petunjuk kerusakan *slack adjuster* atau *brake disc*-nya melengkung/bengkok. Untuk memeriksa *brake disc* yang melengkung, putar *roda* dan lihat apakah terjadi fluktuasi tekanan. Bila ya, artinya ada *disc* yang melengkung dan harus diganti.

Untuk memeriksa kebocoran pada *brake cooling oil*, tutup *brake cooling port* dan beri tekanan setiap *brake assembly* sampai *maximum* 138 kPa (20 psi). Tutup saluran udaranya dan perhatikan tekanan yang terjebak pada *brake assembly*

selama lima menit. Tekanan yang terjebak seharusnya tidak turun.

Gambar 11.40 *Cooling Brake Circuit*

Sirkuit brake oil cooling belakang

Tiga buah *rear brake cooling pump* mengisap oli dari *hydraulic tank* melalui *suction screen*. Tekanan *brake cooling oil* belakang diatur oleh dua buah *oil cooler relief valve* yang terletak didalam *hydraulic tank*. Oli mengalir dari *rear brake cooling pump* melalui dua buah *screen* dan dua buah *brake oil cooler* yang terletak dibelakang *roda* depan kanan. Oli mengalir dari *rear brake oil cooler*, melalui *rear brake* dan kembali ke *hydraulic tank*.

Sirkuit brake oil cooling depan

Hoist pump dan *parking brake release pump* mengalirkan oli untuk mendinginkan *brake* depan. Tekanan *brake cooling oil* depan diatur oleh *oil cooler relief valve* didalam *hoist valve*. Oli mengalir dari *hoist pump* melalui dua buah *screen* menuju *hoist valve*. Sebagian besar oli yang mengalir ke *parking brake release valve* mengalir melalui *valve* dan bergabung dengan oli *hoist system*. Dari *hoist valve* oli mengalir melalui dua buah *front brake oil filter*, *front brake oil cooler diverter valve* dan *front brake* menuju *hydraulic tank*. *Front brake cooling oil* mengalir melalui *front brake oil cooler* hanya bila *service* atau *retarder brake* (*manual* atau *automatic*) aktif/*engage*.

XX. Rangkuman

1. **Sistem Rem Hidrolik**

   Dengan menggunakan prinsip Hukum Pascal, hydraulic brake terdiri dari master cylinder dimana tekanan hydraulic dihasilkan, wheel cylinder (atau caliper) dimana *brake shoe* (atau *pad*) menekan drum dengan hydraulik yang dihasilkan dan pipa atau flexible hose penghubung master cylinder dan wheel cylinder dari hydraulic circuit.

   Tujuan gerakan hydraulic adalah untuk memberikan kekuatan yang diperlukan untuk menggerakkan brake. Komponen-komponennya adalah sebagai berikut: *Brake* Pedal, *Master Cylinder*, Saluran dan *Hose Hydraulic*, *Brake Fluid* dan *Brake Assembly*. Sistem Rem Hidrolik terdiri dari dua macam yaitu *drum brake* dan *disc brake*.

2. **Sistem Rem Pneumatik**

   Rem pneumatik menghasilkan pengereman dengan menekan setiap brake shoe ke drum menggunakan tekanan udara sebesar (5~7kgf/cm²). Brake pedal berfungsi sebagai pengontrol untuk membuka dan menutup brake valve untuk menyuplai udara dari air tank ke brake chamber, dan udara pada brake chamber mengontrols gaya pengereman. Pada rem pneumatik, setiap brake shoe menekan ke drum dengan menggunakan tekanan udara. Brake valve membuka dan menutup diatur oleh brake pedal untuk mengontrol suplai udara ke brake chamber.

YY. Evaluasi

Jawablah soal-soal dibawah ini dengan jelas dan benar.

1. Jelaskan prinsip kerja sistem rem hidrolik
2. Jelaskan fungsi masing-masing komponen utama pada sistem rem hidrolik
3. Jelaskan cara kerja *drum brake* dan *disc brake*
4. Jelaskan prinsip kerja sistem rem pneumatik
5. Jelaskan fungsi masing-masing komponen utama pada sistem rem hidrolik

DAFTAR PUSTAKA

Daines, James R. 2009. *Fluid Power*. The Goodheart-Willcox Company, Inc. United States of Amerika.

Hitchcox, Alan. 2010. *Hydraulics and Pneumatics*. http://hydraulicspneumatics.com/200/ TechZone/HydraulicValves/Article/False/85869/TechZone-HydraulicValves

Team TC. 2003. *Fundamental of Hydraulic System*. Training Center PT Trakindo Utama. Bogor.

Team UT.1996. *Sistim Hidrolik dan Perlengkapan Kerja*. PT United Tractor. Jakarta.

Arie.

http://www.hydraulicguide.com/?s=thermal+relief+valve

https://rdl.train.army.mil/catalog/view/100.ATSC/3298CC13-AC78-477B-AD7A-C42B7FAF4EF2-1274406045851/5-499/chap4.htm

http://www.techtransfer.com/resources/wiki/entry/4225/

http://dc353.4shared.com/doc/RVixCBwT/preview.html

https://rdl.train.army.mil/catalog/view/100.ATSC/3298CC13-AC78-477B-AD7A-C42B7FAF4EF2-1274406045851/5-499/chap2.htm

http://www.pumpschool.com/index.asp